ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE

ÉLASTICITÉ. — *Sur le problème de la meule.* Note de M. **L. Lecornu.**

La question suivante m'a été posée par un ingénieur qui venait de lire ma Note sur la meule tournante ([1]) : Étant donné que, dans cette Note, on obtient l'état d'équilibre d'une meule cylindrique avec une approximation d'autant plus grande que l'épaisseur est plus faible par rapport au diamètre, ne peut-on pas en déduire l'état d'équilibre d'un arbre cylindrique de longueur quelconque, en considérant celui-ci comme constitué par l'empilement d'une infinité de meules infiniment minces ? (on néglige l'action de la pesanteur).

Il faut répondre négativement et voici pourquoi. Dans l'expression du déplacement w éprouvé, parallèlement à l'axe, par le point (r, z) figurent trois termes respectivement proportionnels à z, à $r^2 z$ et à z^3. Laissons de côté le dernier, dont l'influence devient négligeable quand l'épaisseur z tend vers zéro. Le terme en z, qui est négatif, représente une réduction uniforme d'épaisseur, conservant la forme plane des sections normales à l'axe. Le terme en $r^2 z$ entraîne pour chaque fibre située à la distance r de l'axe la dilatation linéaire $\frac{\lambda}{\mu(\lambda+\mu)} mr^2$ qui, variant avec r, rend concaves les deux faces de la meule. Pour faire disparaître cette concavité, en vue de permettre l'empilement dont il s'agit, il faudrait l'intervention de nouvelles forces modifiant les conditions du problème.

De son côté, M. Ch. Platrier m'a fait observer que les trois premières

---

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1253.

formules de la page 1255 exigent, pour être exactes, le remplacement de R^2 par $R^2 + r_0^2$. En réalité, j'ai supposé le carré du rayon r_0 du trou central négligeable en présence du carré du rayon R de la meule. Mais M. Platrier ajoute cette remarque intéressante que, si l'on rétablit le terme r_0^2 et si l'on fait ensuite $r_0 = R$, on retrouve pour le cas d'un anneau infiniment mince la formule usuelle du volant $N_2 = \rho V^2$, rappelée à la fin de la Note.

M. Platrier m'a signalé aussi qu'en 1919 (¹) il a, en s'inspirant de ma Note de 1896, recherché d'une façon générale, quelles conditions doit remplir un solide de révolution tournant uniformément autour de son axe pour que les sections perpendiculaires à l'axe n'éprouvent aucune tension. Ses calculs embrassent même le cas où l'on adjoint à la force centrifuge, proportionnelle à r, une force inversement proportionnelle à cette distance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la trempe des alliages plomb-antimoine, plomb-étain et plomb-antimoine-étain.* Note de M. Léon Guillet.

La généralisation des phénomènes de trempe a fait l'objet de fréquentes Notes qui ont montré, malgré les critiques de certains expérimentateurs, l'importance de cette question et ses conséquences industrielles.

Au meeting du 18 février dernier de l'*American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, MM. Dean, Zicheick et Nix ont présenté une étude sur les traitements thermiques des alliages plomb-antimoine et plomb-antimoine-étain. Il existe une solution solide plomb-antimoine qui renferme jusqu'à 2,5 pour 100 de Sb; mais la teneur limite diminue avec la température. Par trempe, la résistance de l'alliage à 2,5 pour 100 durcit et sa résistance augmente encore avec le temps. On se trouve donc en présence d'un phénomène analogue à celui utilisé dans le traitement du duralumin. D'ailleurs, les mêmes résultats sont obtenus avec certains alliages plomb-étain-antimoine, qui sont employés couramment comme stéréotypes dans l'impression des journaux.

Je tiens à rappeler ici que la question n'est pas entièrement nouvelle. M. Dubosc a dès 1905 (²) démontré que certains alliages plomb-antimoine

(¹) *Comptes rendus*, **169**, 1919, p. 169.

(²) Réunion des membres français et belges de l'Association Internationale pour l'essai des matériaux de construction, 25 mars 1905.

prenaient la trempe à des températures variant entre 180° et 240°. Il avait notamment attiré l'attention sur les alliages à 3 et 5 pour 100 Sb. D'autre part, j'ai indiqué les résultats obtenus avec les alliages plomb-étain ([1]), et montré spécialement que les alliages à 5, 10 et 15 pour 100 d'étain sont nettement durcis par trempe à 175°; l'augmentation de dureté est d'autant plus sensible que la teneur en étain est plus forte. Mais le revenu, même à 75° adoucit les produits trempés et le temps n'a pas d'influence sensible.

Les recherches de MM. Dean, Zicheick et Nix, qui ne sont point en contradiction avec ces travaux, font ressortir l'influence du temps après trempe sur les alliages plomb-antimoine et plomb-étain-antimoine.

Il est intéressant de noter que ces études ont déjà des conséquences industrielles intéressantes. On les utilise dans la fabrication des balles, la préparation des plaques d'accumulateurs et surtout pour les alliages plomb-étain-antimoine employés dans l'impression des journaux. Le cylindre portant les caractères est enroulé autour du cylindre de presse, alors que l'alliage trempé est encore assez doux, et quelques heures de repos suffisent à lui donner une grande dureté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cémentation du cuivre, du nickel et de leurs alliages par l'étain.* Note de M. LÉON GUILLET.

J'ai déjà attiré l'attention, à plusieurs reprises, sur la généralisation des phénomènes de cémentation, soit par les recherches de mes collaborateurs et de mes élèves, soit par mes travaux personnels.

Je poursuis actuellement de nombreuses études dans la même voie. J'indiquerai aujourd'hui certains des résultats obtenus dans la cémentation du cuivre et de ses alliages par l'étain. Le but que je me suis proposé d'atteindre est la production en surface d'alliages ayant des propriétés intéressantes, notamment au point de vue frottement, avec une dépense minime d'étain, d'une part, et en évitant, d'autre part, l'action de l'étain liquide qui produit une détérioration superficielle des pièces.

Pour cela, selon la méthode employée dans des essais différents par d'autres expérimentateurs, notamment par M. Cournot ([2]) pour produire

---

([1]) Revue *Chimie et Industrie*, 5, 1921, p. 371.

([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 696.

la cémentation du fer par l'aluminium, j'ai utilisé un alliage cuivre-étain, dont le point de fusion est supérieur à la température atteinte dans l'opération. J'ai choisi l'alliage Cu = 75; Sn = 25, d'ailleurs assez difficile à pulvériser. Au moment de l'opération, il était ajouté 5 pour 100 de chlorure d'ammonium à la poudre.

Les tableaux suivants résument les résultats de ces recherches qui ont été poursuivies dans les conditions suivantes :

Température de cémentation = 700°; Durée de l'opération = 48 heures.

Alliages utilisés.	Épaisseurs de cémentation en millim.	Durée au scléroscope (1).		Durée à la bille (2).	
		Centre.	Surface.	Centre.	Surface.
Cuivre pur....................	0,27	6	8	39,5	50
Laiton à Cu = 67..............	0,70	12	40	56,5	146,5
Laiton à Cu = 60..............	0,55	20	39	85	149,5
Bronze à Cu = 90..............	1,00	21	44	92	206,5
Nickel pur....................	très faible	9	9	87	93,5
Cupronickel à Cu = 8[illegible].........	0,35	15	47	78	225
Cu = 60; Ni = 20; Zn = 20....	0,50	23	37	107	145,5

L'examen microscopique caractérise fort bien les phénomènes, dans la plupart des cas, par la formation des constituants déjà connus, et permet même de les suivre aisément. Dans le cas du cupronickel, il se forme une couche superficielle qui paraît être une solution solide présentant de très nombreux slip-bands.

On notera que la pénétration est très variable d'un alliage à l'autre, sans que l'on puisse entrevoir de règle générale. Toutefois, il apparaît que la présence dans l'alliage du constituant qui doit se former par cémentation retarde l'opération. On remarque la faiblesse de la cémentation avec le nickel et même avec le cuivre.

Ces phénomènes peuvent être intéressants du point de vue industriel. Ils permettent, en effet, d'obtenir en surface des propriétés données par des alliages beaucoup plus coûteux, parce que, contenant dans toute la masse des teneurs souvent élevées en étain (bronzes à frottement). D'autre part, ce procédé peut permettre de préparer des pièces qui, avec l'alliage initial (cuivre pur, laiton à Cu = 60 pour 100) peuvent être forgées, matricées ou

(1) La dureté au scléroscope a été mesurée avec le marteau pour métal mou.

(2) La dureté à la bille a été mesurée sous une charge de 50^{kg}, avec une bille ayant un diamètre de 3^{mm},18.

filées à la presse, puis cémentées, et offrent ainsi beaucoup plus de sécurité que des pièces simplement coulées, ne pouvant être soumises à un traitement mécanique (bronzes à frottement).

Toutefois, dans l'état actuel de la question, le procédé doit être perfectionné : la poudre utilisée adhère à la pièce, et si on la dilue par de la silice ou de l'alumine, la vitesse de l'opération est singulièrement diminuée.

L'emploi d'un four tournant remédiera peut-être à ces inconvénients.

M. **E. Roux** fait hommage à l'Académie du Tome IV des *Œuvres de* **Pasteur** *réunies par* Pasteur Vallery-Radot : *Étude sur la maladie des vers à soie.*

M. **R. Bourgeois** dépose sur le bureau le premier fascicule de la seconde édition du *Cours d'Astronomie et de Géodésie de l'École Polytechnique*, de M. **Faye**, qu'il vient de revoir et de mettre à jour. Ce volume est publié comme la première édition par la Maison Gauthier-Villars et fait à cette dernière le plus grand honneur.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **M. Brillouin**, **A. Cotton**, de la Division des Sciences mathématiques; MM. **E.-L. Bouvier**, **A. Lacroix**, de la Division des Sciences physiques; MM. **P. Sabatier**, **Ch. Depéret**, Membres non résidants, sont élus membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, présentera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *G. Gouy*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *W. Kilian* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Victor Grignard obtient	. . . .	35 suffrages
M. Charles Nicolle »	. . . .	10 »
M. Magnus de Sparre »	. . . .	7 »
M. Pierre Weiss »	. . . .	5 »
M. Émile Mathias »	. . . .	2 »
M. Lucien Cuénot »	. . . .	1 suffrage.

M. **Victor Grignard**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Roule. *Cuvier et la science de la nature.* (Présenté par M. L. Mangin.)

2° *The nervous Mechanism of Plants*, par Sir Jagadis Chunder Bose. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° *Chaleur et industrie,* revue mensuelle des industries du feu, publiée par P. Couturaud (collection complète).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriété remarquable d'une suite d'intégrales doubles.* Note de M. **Michel Petrovitch.**

Considérons la suite indéfinie B_1, B_2, B_3, ... d'intégrales doubles

$$B_p = \int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x, y)\, \theta_p(x)\, \theta_p(y)\, dx\, dy, \tag{1}$$

où $f(x, y)$, ainsi que ses dérivées partielles des quatre premiers ordres, sont des fonctions continues et périodiques, à période 2π en x et y, $\theta_p(z)$ désignant la transcendante

$$\theta_p(z) = \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{\cos n z}{n^p}. \tag{2}$$

La propriété suivante de la suite B_p subsiste *quelle que soit la fonction* $f(x, y)$ de l'espèce indiquée :

La valeur B_p est le coefficient de z^{p-1} dans le développement, suivant les puissances de z, d'une fonction *méromorphe* de z; cette fonction peut se mettre sous la *forme d'un quotient de deux fonctions entières du genre un : le dénominateur est* $\sin \pi z$ *et le numérateur s'annule pour tout nombre entier premier* z *et diffère de zéro pour tout nombre entier composé* z.

En effet, B_p s'écrit

$$B_p = \sum_{m=2}^{m=\infty} \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{H_{m,n}}{(mn)^p}, \tag{3}$$

où

$$H_{m,n} = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x, y) \cos mx \cos ny \, dx \, dy, \tag{4}$$

et coïncide ainsi avec le coefficient de z^{p-1} dans le développement de la fonction

$$\Phi(z) = -\sum_{m=2}^{m=\infty} \sum_{n=2}^{n=\infty} \frac{H_{m,n}}{z - mn} \tag{5}$$

suivant les puissances ascendantes de z.

D'une autre part, l'intégrale (4) coïncide avec le coefficient de $\cos mx \cos ny$ dans le développement de $\pi^2 f(x, y)$ en double série trigonométrique. Ce coefficient étant de l'ordre [1] de $(mn)^{-h}$, où h est au moins égal à 2, la série (3) converge uniformément, ainsi que la série (5) pour $|z| < 2$.

Or $\Phi(z)$ est une fonction *méromorphe* n'ayant pour pôles (tous simples) que la suite indéfinie de nombres entiers *composés*. Le produit

$$F(z) = \Phi(z) \sin \pi z \tag{6}$$

représentera donc une fonction *entière* de z s'annulant pour $z =$ nombre *premier* et prenant pour $z =$ nombre *composé* c la valeur

$$F(c) = \pi \Sigma H_{m, \frac{c}{m}}, \tag{7}$$

où m parcourt la suite des diviseurs de c autres que 1 et c. La valeur (7) n'est nulle qu'exceptionnellement.

Le coefficient C_k de z^k dans le développement de $F(z)$ étant

$$C_k = M_k B_1 + M_{k-1} B_2 + \ldots + M_1 B_k, \tag{8}$$

---

(1) E. Picard, *Traité d'Analyse*, 1re édition, p. 271.

où M_p représente le coefficient de z^p dans le développement de $\sin \pi z$, une transformation de C_k conduit à l'inégalité

$$(9) \qquad |C_k| < \frac{M\pi^{k+1}}{(k+1)!},$$

faisant voir que F(z) est du genre zéro ou un. Le premier cas est impossible, puisque la série des modules des inverses des zéros de F(z) diverge. Cette fonction est donc *du genre un*, comme il fallait montrer.

Ces mêmes fonctions entières F(z) se présentent dans le problème de calcul des intégrales définies de la forme

$$(10) \qquad \int_0^{2\pi} u(t) \cos zt \, dt \quad \text{et} \quad \int_0^{2\pi} u(t) \sin zt \, dt.$$

Notamment, soit $f(z)$ une fonction holomorphe dans un cercle C de rayon un, ayant l'origine comme centre, ainsi que sur ce cercle. Désignons par $\varphi(t)$ la partie réelle, sur le cercle C, de la fonction $z^2 f(z)$ et soit A_2, A_3, A_4, ... une suite indéfinie de nombres tels que la série ΣA_n converge et que la fonction définie par la série

$$(11) \qquad u(t) = \sum_{n=0}^{n=\infty} A_{n+2} \varphi(\overline{n+2t})$$

ait un développement trigonométrique en t intégrable pour toute valeur de t comprise dans l'intervalle $(0, 2\pi)$.

Toutes les fois que dans les intégrales (10) $u(t)$ est une fonction (11), *ces intégrales représentent des fonctions entières de z du genre un, coïncidant avec une fonction* F(z).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Extension du calcul vectoriel à l'analyse et au calcul différentiel absolu.* Note [1] de M. A. Véronnet, présentée par M. P. Appell.

Le calcul vectoriel comprend une notation et une méthode. Or on peut lui appliquer, complètement et sans modification, la *notation de l'analyse.* Sa méthode consiste essentiellement à introduire dans les formules et à soumettre au calcul les deux éléments qui caractérisent les quantités géométriques et mécaniques, leur grandeur et leur direction.

---

[1] Séance du 25 mai 1926.

Or en analyse c'est l'*unité* dans laquelle les quantités sont mesurées qui correspond à la direction. Les variables indépendantes ne sont pas autre chose que des grandeurs évaluées, ou mesurées, dans des unités différentes, des *unités indépendantes*. Il est naturel d'*introduire explicitement ces unités dans les formules* et de les soumettre à toutes les opérations des grandeurs algébriques.

En deux mots on étendra la notation analytique au calcul vectoriel et le principe du calcul vectoriel à l'analyse.

Soit un point P d'une multiplicité quelconque à n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ que nous supposons défini par son rayon vecteur $\mathbf{r}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ et un point voisin P'. Nous pouvons définir P' ou l'élément PP' par

$$(1)\qquad d\mathbf{r} = \Sigma_i \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial x_i} dx_i = \Sigma_i \mathbf{x}_i dx_i \qquad \mathbf{x}_i = \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial x_i}.$$

Les $\mathbf{x}_i$ définissent un système d'*unités*, ou un système d'axes, indépendants des dx_i. C'est un système d'unités, lié au point P, qui définit la nature de l'espace au point P.

Le déterminant G, formé par le produit des unités, permet de définir le système d'unités inverses, les $\mathbf{x}^i$ contrevariantes,

$$(2)\qquad G = \mathbf{x}_1 \mathbf{x}_2 \ldots \mathbf{x}_n = \sqrt{g}, \qquad \mathbf{x}^i = \frac{1}{G}\frac{\partial G}{\partial \mathbf{x}_i}, \qquad \mathbf{x}_i \mathbf{x}^i = 1, \qquad \mathbf{x}_i \mathbf{x}^k = 0.$$

On en obtient immédiatement deux relations fondamentales, qui sont suffisantes pour exprimer toutes les dérivations du calcul tensoriel.

$$(3)\qquad \Sigma_i \mathbf{x}^i d\mathbf{x}_i = \frac{dG}{G}, \qquad d\mathbf{x}^k = -\Sigma_i \mathbf{x}^i . \mathbf{x}^k d\mathbf{x}_i, \qquad \frac{\partial \mathbf{x}^k}{\partial x_l} = -\Sigma_i \mathbf{x}^i . \mathbf{x}^k \frac{\partial \mathbf{x}_i}{\partial x_l}.$$

Soit maintenant $X(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ une fonction algébrique des variables. Sa variation autour du point P sera définie par sa dérivée par rapport à $\mathbf{r}(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, *dérivée vectorielle* ou *gradient*. Sa différentielle dX devra avoir la même expression qu'en analyse et s'écrira ici comme le produit de la dérivée par l'accroissement de la variable

$$(4)\qquad \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \frac{\partial X}{\partial x_i}\frac{\partial x_i}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \mathbf{x}^i \frac{\partial X}{\partial x_i}, \qquad dX = d\mathbf{r}\frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i dx_i \frac{\partial X}{\partial x_i}.$$

La divergence, le curl ou rotation, la dérivée tensorielle covariante ne sont que des formes différentes de cette dérivée vectorielle, notée et définie par (4) et ils n'exigeront pas d'autre notation.

En élevant (1) au carré on obtient le ds^2. C'est un tenseur du second ordre, exprimé en fonction des unités du second ordre, les $g_{ik} = \mathbf{x}_i \mathbf{x}_k$.

Un tenseur sera défini comme une forme *multilinéaire* et *invariante* des unités de mesure, la variation des composantes étant précisément inverse de celle des unités. Ces composantes d'un tenseur pourront même être des vecteurs.

Un tenseur du premier ordre est un vecteur invariant, un vecteur tenseur, comme $d\mathbf{r}$ dans (1) et le gradient dans (4). Un tenseur du deuxième ordre peut prendre la forme d'un invariant algébrique en vertu de (2) (*contraction*); on a

$$(5)\quad X = \Sigma_i \mathbf{x}_i X^i = \Sigma_k \mathbf{x}^k X_k, \quad X = \Sigma_{ik} \mathbf{x}_i \mathbf{x}_k X^{ik} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k X_{ik} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}_i \mathbf{x}^k X^i_{.k} = \Sigma_i X^i_{\ i}.$$

Il suffit dès lors de définir les opérations sur les unités de mesure pour étendre complètement le calcul analytique au calcul tensoriel, pour ramener le second au premier. Or ceci se fait en quelques lignes et quelques formules déduites de (3). Les formules qui définissent la dérivée vectorielle et la différentielle montrent que ce sont des *opérateurs invariants* qui conservent l'invariance des tenseurs et donnent d'autres tenseurs. La dérivée du vecteur tenseur covariant $\mathbf{x}^i X_i$ (*divergence* ou *dérivée covariante*) s'écrit

$$(6)\quad \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_k} - \Sigma_l \mathbf{x}^l \frac{\partial \mathbf{x}_i}{\partial x_k} X_l \right) = \Sigma_{ik} \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k \left(\frac{\partial X_i}{\partial x_k} - X \frac{\partial x_i}{\partial x_k} \right).$$

C'est un tenseur du second ordre. Le coefficient de X_l n'est pas autre chose que le Christoffel de seconde espèce $C^l_{.ik}$ ou $\mathbf{x}^l_{.ik}$. Celui de l'espèce s'écrirait avec x_l, sans notation spéciale. Si l'on prend le tenseur sous la forme contrevariante $\mathbf{x}_i X_i$, on obtient la dérivée sous forme contractée (la dernière forme étant vraie pour un tenseur quelconque)

$$(7)\quad \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_i \frac{\partial G X^i}{G \partial x_i} = \Sigma_{ik} \frac{\partial G \mathbf{x}^i \mathbf{x}^k X_k}{G \partial x_i} = \Sigma_i \frac{\partial G \mathbf{x}^i X}{G \partial x_i}.$$

La dérivée d'ordre quelconque d'un tenseur quelconque s'obtient immédiatement, en utilisant toujours (3). La dérivée seconde d'une fonction algébrique donne l'opérateur de Laplace ΔX en coordonnées quelconques.

La *dérivée alternée* ou *curl* s'obtient en faisant $\mathbf{x}^i \times \mathbf{x}^k = - \mathbf{x}^k \times \mathbf{x}^i$, produit alterné. Le curl d'un vecteur tenseur est nul, sauf pour les espaces à torsion de M. Cartan. La dérivée seconde alternée d'un vecteur tenseur s'écrit

$$(8)\quad \frac{\partial x}{\partial \mathbf{r}} \frac{\partial X}{\partial \mathbf{r}} = \Sigma_{ikl} \mathbf{x}^l \mathbf{x}^k \mathbf{x}^i \left(\frac{\partial^2 \mathbf{x}^i}{\partial x_l \partial x_k} - \frac{\partial^2 \mathbf{x}^i}{\partial x_k \partial x_l} \right) X, \qquad R^m_{.ikl} = \mathbf{x}^m \mathbf{V}_{ikl}.$$

La parenthèse peut s'appeler le *vecteur de Riemann* $\dot{\mathbf{V}}_{ikl}$. Il est tricovariant. Ses composantes et projections sont précisément les éléments des deux tenseurs de Riemann, beaucoup plus compliqués en notation tensorielle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination sans ambiguïté de la solution du problème de Dirichlet, pour les fonctions sommables.* Note [1] de M. **Noaillon** présentée par M. Hadamard.

Soit z un point variable sur un cercle C de centre O et de rayon r, et soit Z un point intérieur à C. A toute fonction $f(z)$, sommable sur C au sens de Lebesgue, la formule de Poisson fait correspondre une fonction harmonique des coordonnées XY du point Z, continue à l'intérieur de C.

Théorème I. — *Si $f(z)$ est sommable sur* C, *la fonction* F(Z), *définie par la formule de Poisson, tend* en moyenne (*d'ordre un*) *vers* $f(z)$.

Nous entendons par là que, si à chaque point z du cercle C on fait correspondre un point $z' = \frac{r'}{r} z$ situé sur la normale passant par z et sur le cercle C′ concentrique à C et de rayon $r' < r$, l'on aura

$$\lim_{r'=r} \int_C |F(z') - f(z)|.|dz| = 0.$$

Théorème II. — *Si $f(z)$ est sommable sur* C, *la fonction* F(Z), *définie par la formule de Poisson, est la seule fonction harmonique, continue à l'intérieur de* C, *tendant en moyenne* (*d'ordre* 1) *vers* $f(z)$.

D'autres conditions, nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction harmonique dans un cercle soit la fonction F(Z) de Poisson d'une fonction $f(z)$ sommable sur C, ont déjà été données, entre autres, par MM. Evans et Brag [2]. Ces conditions me semblent moins simples que la nôtre.

Démonstration du théorème I. — Puisque $f(z)$ est sommable, nous pourrons trouver un M assez grand pour que, sur l'ensemble c_1 (situé sur C) où $f(z)| > M$ l'on ait

$$\int_{c_1} |f(z)|.|dz| < \frac{1}{2}\varepsilon.$$

---

(1) Séance du 10 mai 1926.

(2) G. C. Evans, *Zice Institute Pamphlets*, 7, 1920, n° 4, p. 312 et suiv. H. C. Evans et H. E. Brag, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1368.

Décomposons le cercle C en deux ensembles c_1 et c_2 et décomposons la fonction $f(z)$ en :

$$f_2(z_1) = f(z) \text{ sur } c_1 \text{ et nulle sur } c_2,$$
$$f_2(z) = 0 \quad \text{sur } c_2 \text{ et } f(z) \text{ sur } c_1.$$

A ces deux fonctions correspondront, par la formule de Poisson, les deux fonctions harmoniques $F_1(Z)$ et $F_2(Z)$ et l'on a

$$\int_C |F(z') - f(z)|.|dz| \leqq \int_C |F_1(z') - f_1(z)|.|dz| + \int_C |F_2(z') - f_2(z)|.|dz|.$$

$F_1(z)$ est inférieure en module à la fonction de Poisson $G_1(z)$ relative à

$$g_1(z) = |f_1(z)|.$$

Cette fonction $G_1(z)$ prend, pour $z = 0$, la valeur

$$G_1(0) = \frac{1}{2\pi r}\int_C |f_1(z)|.|dz|.$$

D'autre part, sa valeur centrale est égale à sa moyenne sur le cercle C' :

$$G_1(0) = \frac{1}{2\pi r'}\int_C G_1(z')\frac{r'}{r}|dz|,$$

En égalant ces deux valeurs de $G_1(0)$, nous obtenons

$$\int_C G_1(z').|dz| = \int_C |f_1(z)|.|dz|,$$

donc

$$\int_C |F_1(z') - f_1(z)|.|dz| \leqq \int_C |F_1(z').|dz| + \int_C |f_1(z)|.|dz|$$
$$\leqq \int_{C} G_1(z').|dz| + \int_C |f_1(z)|.|dz| \leqq 2\int_C |f_1(z)|.|dz| < \varepsilon.$$

Considérons maintenant la fonction $f_2(z)$; elle est, en module, inférieure à M. Il en sera de même de la fonction de Poisson correspondante, $F_2(z)$. On peut alors appliquer le théorème de Lebesgue :

$$\lim_{r'=r}\int_C |F_2(z') - f_2(z)|.|dz| = \int_C \lim_{r'=r} |F_2(z') - f_2(z)|.|dz|.$$

Puisque $f_2(z)$ est bornée sur C, nous savons, par le théorème de

Fatou [1], que la fonction de Poisson, $F_2(z')$, tendra presque partout vers $f_2(z)$, donc

$$\int_C \lim_{r'=r} |F_2(z') - f_2(z)| . |dz| = 0.$$

Démonstration du théorème II. — S'il existait deux fonctions harmoniques de z, continues à l'intérieur de C, tendant en moyenne (d'ordre 1) vers $f(z)$, leur différence $H(z)$ serait telle que

$$\lim_{r'=r} \int_0 |H(z')| . |dz| = 0.$$

La fonction harmonique $H(z)$ est égale à sa fonction de Poisson construite pour le cercle C',

$$H(z) = \int_C H(z') \varphi(z', z) \frac{r}{r'} |dz| .$$

Quand, z restant fixe, r' varie et tend vers r, l'expression $\varphi(z', z)\frac{r'}{r}$ reste, en module, inférieure à un nombre B, indépendant de r'. Donc

$$\operatorname{mod} H(z) \leqq \frac{1}{2\pi} B \int_C |H(z')| . |dz|,$$

$$\operatorname{mod} H(z) \leqq \frac{1}{2\pi} B \lim_{r'=r} \int_C |H(z')| . |dz| = 0.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes et les fonctions absolument continues de fonctions absolument continues.* Note de Mlle N. Bary et M. D. Menchoff, présentée par M. Emile Borel.

Soient $f(x)$ une fonction mesurable et finie presque partout dans (a, b) et $\varphi(x)$ une fonction absolument continue dans (a, b). Soient ε un nombre positif et

$$\ldots, \; l_{-n}, \; \ldots, \; l_{-1}, \; l_0, \; l_1, \; \ldots, \; l_n, \; \ldots$$

une échelle de nombres croissant de $-\infty$ à $+\infty$ par degrés $< \varepsilon$. En désignant par v_n la variation [2] de $\varphi(x)$ sur l'ensemble des points pour lesquels on a $l_{n-1} \leqq f(x) < l_n$ et par λ_n un nombre tel que $l_{n-1} \leqq \lambda_n < l_n$, supposons que

---

(1) *Acta mathematica*, 30, 1906, p. 348-349.

(2) Ch. de la Vallée Poussin, *Cours d'Analyse*, 1, 3e édition, p. 267.

la série

$$S = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \lambda_n v_n$$

converge absolument et que sa somme S tende vers une limite finie quand ε tend vers zéro, cette limite étant la même quel que soit le choix des nombres l_n et λ_n; nous dirons alors que *la fonction $f(x)$ est sommable par rapport à $\varphi(x)$* et nous écrirons

$$\lim S = \text{L. S.} \int_a^b f(x)\, d\varphi.$$

Théorème I. — *Si le produit $f(x)\varphi'(x)$ est sommable dans (a, b), $f(x)$ est sommable par rapport à $\varphi(x)$ et l'on a*

$$\text{L. S.} \int_a^x f(x)\, d\varphi = \text{L.} \int_a^x f(x)\varphi'(x)\, dx \qquad (a < x \leqq b).$$

Si le produit $f(x)\varphi'(x)$ n'est pas sommable, il peut arriver que l'intégrale $\int_a^b f(x) d\varphi$ existe tandis que l'intégrale indéfinie $\int_a^x f(x)\, d\varphi$ n'existe pas quel que soit x, $a < x < b$. D'ailleurs, même quand cette intégrale existe en chaque point, elle peut représenter une fonction *discontinue*. Mais dans le cas remarquable d'une fonction de la forme $f[\varphi(x)]$ on a le

Théorème II. — *Si l'intégrale* L. S. $\int_a^b f[\varphi(x)]\, d\varphi$ *existe, l'intégrale indéfinie $\mathfrak{F}(x) = \int_a^x f[\varphi(x)]\, d\varphi$ existe aussi pour tout x, $a \leqq x \leqq b$ et représente une fonction absolument continue de fonction absolument continue. D'ailleurs presque en tous les points de l'ensemble où $\varphi'(x) \neq 0$ on a l'égalité*

$$\mathfrak{F}'(x) = f[\varphi(x)]\varphi'(x).$$

Réciproquement toute fonction absolument continue de fonction absolument continue est (à une constante additive près) une intégrale indéfinie de Lebesgue-Stieltjes de la forme $\int_a^x f[\varphi(x)]\, d\varphi$.

La propriété caractéristique d'une fonction absolument continue de fonction absolument continue est donnée par le théorème suivant :

Théorème III. — *$\mathfrak{F}(x)$ étant une fonction continue, E l'ensemble des points où la dérivée $\mathfrak{F}'(x)$ n'existe pas ou n'est pas finie et $\mathcal{E}$ l'ensemble des valeurs*

de $\mathcal{F}(x)$ *sur* E, *la condition nécessaire et suffisante pour que* $\mathcal{F}(x)$ *soit une fonction absolument continue de fonction absolument continue est que l'on ait* mes $\mathcal{E} = 0$.

Corollaire. — *Toute fonction continue qui jouit de la propriété* N [1] *et dont la dérivée est presque partout déterminée et finie [en particulier toute intégrale indéfinie de M. Denjoy* [2]*] est une fonction absolument continue de fonction absolument continue.*

Il suit du théorème III qu'une fonction absolument continue de fonction absolument continue a nécessairement une dérivée sur un ensemble de mesure positive. Mais il est aisé de voir que quelque petit que soit ε *il existe des fonctions absolument continues de fonctions absolument continues qui n'ont pas de dérivée ordinaire ni même de dérivée asymptotique sur un ensemble de mesure* $(b - a) - \varepsilon$.

On voit que la classe des fonctions absolument continues de fonctions absolument continues est beaucoup plus vaste que celle des fonctions absolument continues. Mais il est impossible d'obtenir une classe encore plus vaste en considérant les fonctions absolument continues des fonctions de la classe précédente. On a le théorème suivant :

Théorème IV. — *Toute fonction absolument continue de fonction absolument continue de fonction absolument continue est elle-même une fonction absolument continue de fonction absolument continue.*

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les lois de la fréquence des tourbillons alternés détachés derrière un obstacle.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. M. Brillouin.

Dès mes premières recherches sur les tourbillons alternés alignés sur deux files à l'arrière d'un obstacle cylindrique qui fend la surface d'une nappe liquide, j'avais indiqué l'allure des lois que suivent l'équidistance

---

(1) Une fonction $\mathcal{F}(x)$ *jouit de la propriété* N (N. Lusin, *L'intégrale et la série trigonométrique,* en russe, Moscou 1915, p. 109) si l'ensemble des valeurs $\mathcal{F}(x)$ sur chaque ensemble de mesure nulle est un ensemble de mesure nulle.

(2) Cette intégrale jouit de la propriété N (N. Lusin, *loc. cit.*, p. 116 et 118). L'énoncé du corollaire n'est exact que pour l'intégrale de M. Denjoy au sens strict (A. Denjoy, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 859 et 1075) et devient inexact pour l'intégrale de MM. Denjoy-Khintchine (A. Denjoy, *Annales de l'École Normale*, **33**, 1916, p. 127, et **34**, 1917, p. 181; A. Khintchine, *Comptes rendus*, **162**, 1916, p. 287).

longitudinale e et, par suite, la fréquence N des tourbillons de même sens de rotation [1]. Plus tard [2], j'ai décrit la méthode optique et cinématographique employée : la cuvette superficielle concave de chaque tourbillon, utilisée comme dioptre réfracteur, donne, d'un segment de cercle lumineux situé à l'infini dans la direction verticale, une petite image extrêmement nette ; la corde qui la limite est perpendiculaire à la direction de la vitesse de l'obstacle et peut être pointée, à 5^{μ} près, sur le film : on a ainsi, à 20^{μ} près en vraie grandeur, la coordonnée longitudinale de chaque centre de tourbillon ; la coordonnée transversale, obtenue en repérant le milieu de la corde, est mesurée avec une précision un peu moindre.

J'ai retenu finalement 77 excellents films; le dépouillement complet de toutes les images utilisables (environ 20000 pointés micrométriques) a été terminé récemment. J'ai déjà dit comment l'on peut déterminer graphiquement, pour chaque course, les valeurs moyennes de l'équidistance e et de la vitesse v des tourbillons, puis calculer N : la méthode consiste à chercher le système de droites parallèles et équidistantes qui représente au mieux les pointés réels, le temps étant porté en abscisses, et les coordonnées longitudinales des tourbillons en ordonnées.

Les obstacles étaient tous des lames à faces parallèles verticales, très soigneusement travaillées (à quelques $0^{mm},01$ près), mues parallèlement à ces faces. Toutes avaient un plan de symétrie vertical, l'avant étant soit un dièdre aigu, soit un cylindre ogival raccordé tangentiellement aux faces planes latérales. D'ailleurs, les formes de l'avant et de l'arrière n'ont paru avoir aucune influence sur N.

L'épaisseur D des lames a varié de $0^{cm},1$ à $0^{cm},8$; leur longueur L, de 1 à 4^{cm}; le rapport $\frac{L}{D}$, de 2,5 à 40; les vitesses V de l'obstacle, de 9 à 22^{cm} par seconde; la viscosité cinématique ν des quatre liquides employés, de 7.10^{-3} à 54.10^{-3} unité C.G.S.

L'ensemble des résultats, dans le domaine de variations indiqué, est bien représenté par la formule, à trois constantes numériques :

$$N = \frac{0,430}{D + 0,307}(V - 166\,\nu) \qquad \text{(en C.G.S.)},$$

---

(1) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 839 et 970. Je suis obligé de rappeler que, sauf un article purement descriptif de A. Mallock (*Proc. Roy. Soc.*, 79, 1907, p. 262) qui m'avait échappé, rien n'avait été publié sur les tourbillons alternés avant 1908, et, bien entendu, aucune loi théorique ou empirique de la fréquence N n'avait été énoncée : le Mémoire de Th. von Kármán et H. Rubach, presque exclusivement théorique, est postérieur de quatre années (*Phys. Zeits.*, 13, 1912, p. 49).

(2) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1003 et 1225.

que l'on peut encore écrire :

$$N = \frac{l_1 V - \nu}{l_2(D + l_3)},$$

les trois constantes numériques l_1, l_2, l_3 étant homogènes à des longueurs et respectivement égales, en centimètres, à

$$6{,}02.10^{-3}; \quad 14{,}01.10^{-3}; \quad 0{,}307.$$

Cette formule ne satisfait pas au principe de similitude dynamique de lord Rayleigh; je compte revenir ultérieurement sur ce point.

On voit que dans le plan (V, N), pour des lames de même largeur et des liquides différents, on obtient des droites parallèles; que pour un liquide donné et des lames de largeurs D différentes, on obtient des droites concourant en un point de l'axe des V d'abscisse proportionnelle à ν; enfin, que la longueur L de l'obstacle n'intervient pas, résultat déjà annoncé par moi en 1908, et qui s'est trouvé rigoureusement confirmé.

Les écarts : N observé — N calculé, n'ont jamais dépassé $\pm$ 1 vibration par seconde et sont inférieurs à 0,5 vibration par seconde dans les $\frac{2}{3}$ des cas. Toutefois, N ayant varié de 3 à 20, on eût pu encore espérer mieux, car des précautions minutieuses avaient assuré l'uniformité des conditions, en particulier celle de la vitesse V, et aussi la pureté, l'homogénéité et l'immobilité préalable du liquide; la précision de toutes les mesures de longueur, de temps, de densité et même de viscosité, avait été égale à $\frac{1}{200}$ dans les cas les plus défavorables, et le plus souvent encore bien meilleure.

Or il est évident, même sur les meilleures épures, qu'il subsiste entre les valeurs successives de *e* et par suite, de la période, des *fluctuations*, atteignant $\frac{1}{20}$, parfois même $\frac{1}{10}$ en valeur relative. Il existe très probablement, lors du détachement des tourbillons, de chaque côté de l'obstacle, un petit domaine d'instabilité du régime laminaire, qui permet de légères différences entre les forces vives des tourbillons successifs; elles se révèlent sur les films par les *durées de vie capricieusement inégales* des tourbillons d'une même file : parmi les taches lumineuses, de plus en plus diffuses, indiquant la place de chaque cuvette, quelques-unes disparaissent prématurément, d'autres persistent après toutes les autres, sans que rien, dans la méthode optique, puisse expliquer ces destinées différentes. Il semble bien que ces fluctuations inévitables justifient, *a posteriori*, la méthode statistique laborieuse employée pour dégager les lois de la fréquence N des moyennes d'un grand nombre de mesures; par contre, elles enlèveraient beaucoup de valeur à des conclusions basées sur une ou deux expériences isolées.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur la possibilité de réaliser de hautes compressions sans antidétonants.* Note de [1] M. P. **Dumanois**, présentée par M. Rateau.

Les travaux de Berthelot et Vieille ont montré que l'onde explosive qui se produit dans la combustion de mélanges gazeux, et à laquelle doit être attribué le phénomène de détonation dans les moteurs à combustion interne, résulte de la coïncidence dans le temps et dans l'espace d'un phénomène physique : une compression adiabatique très rapide, et d'un phénomène chimique qui est la combustion qui en résulte.

Nous avons précédemment émis l'hypothèse que le rôle des antidétonants consiste dans un freinage de la vitesse d'inflammation, autrement dit que les antidétonants interviennent pour détruire la coïncidence nécessaire à l'onde explosive en agissant sur le phénomène chimique : leur action ayant pour effet non de modifier la température d'allumage, mais d'augmenter, une fois cette température atteinte, le temps nécessaire pour le produire. Cette hypothèse nous paraît entièrement confirmée par les théories de MM. Moureu et Dufraisse sur les anti-oxydants.

Mais il est tout aussi logique de chercher à agir sur le phénomène proprement dit, c'est-à-dire de créer dans le sens de la propagation de la flamme, à l'intérieur de la chambre à combustion, des discontinuités de section telles que, lorsque l'inflammation arrive à leur niveau, il se produise une détente brusque qui détruise l'onde explosive si elle a pris naissance.

On peut réaliser simplement ces augmentations de section en pratiquant sur le fond du piston, à partir du point d'allumage et dans le sens de la propagation de l'inflammation, une série de gradins.

Nous avons ainsi transformé un moteur identique à celui de la voiture qui avait servi aux expériences ayant fait l'objet de notre Communication du 6 juillet 1925. L'allumage se faisant latéralement, nous avons disposé, à partir du point d'allumage, sur la largeur du piston, 4 gradins de 16^{mm} de long et $3^{mm},5$ de haut; la compression volumétrique a été accrue de 4,6 à 6,7. La figure ci-contre montre une vue de l'ancien et du nouveau piston.

Le combustible employé a été, comme dans les essais antérieurs avec

---

[1] Séance du 31 mai 1926.

antidétonant, un mélange de 77 pour 100 d'essence et 23 pour 100 de pétrole lampant.

Dans ces conditions nous avons retrouvé sensiblement les mêmes résultats que ceux précédemment obtenus avec le plomb tétraéthyl : à savoir une vitesse maximum en palier de 99^{km} à l'heure et une consommation de $11^{l},5$ aux 100^{km}, avec disparition complète de la détonation.



La limite de compression n'est plus donnée par la détonation; elle résulte alors de l'allumage prématuré par point chaud produit, en particulier, par les électrodes de certaines bougies à la compression de 7.

Ces expériences montrent qu'il est parfaitement possible d'éliminer le phénomène de détonation, sans emploi d'antidétonants, uniquement par des procédés physiques, faciles à appliquer, et de reculer la limite pratique de compression jusqu'à la valeur déterminée par la présence de points à température élevée à l'intérieur de la chambre de combustion.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Application de la relativité aux systèmes atomiques et moléculaires.* Note de M. **Th. de Donder.**

Si l'on veut appliquer la relativité à des systèmes possédant un nombre déterminé de degrés de liberté, f par exemple, on est amené à poser, dans le cas des systèmes holonomes,

$$x_\alpha = x_\alpha(x'_1, x'_2, x'_3, x'_4; q_1, \ldots, q_f) \qquad (\alpha = 1, \ldots, 4), \tag{1}$$

où x_α représente un événement dans un premier mode de référence, où x'_α représente cet événement dans un nouveau mode de référence tel que x'_α demeure *constant* quand le temps propre s reçoit l'accroissement ds; on aura donc $dx'_\alpha = 0$. Enfin, $q_1, \ldots, q_f$ sont des fonctions de s; nous poserons $\frac{dq_\varphi}{ds} = \varkappa^\varphi$ ($\varphi = 1, \ldots, f$). Nous introduirons en outre la variation δ' telle qu'on ait $\delta' q_\varphi = 0$ et $\delta' s = 0$, tandis que les $\delta' x'_1, \ldots, \delta' x'_4$ seront différents de zéro. Nous aurons à utiliser les fonctions

$$\left\{\begin{aligned} W^2 &= \sum_\alpha \sum_\beta g_{\alpha\beta} u^\alpha u^\beta = \sum_\varphi \sum_\psi g^*_{\varphi\psi} \varkappa^\varphi \varkappa^\psi = 1, \\ U &= \sum_\alpha \Phi_\alpha u^\alpha \qquad\quad = \sum_\varphi \Phi^*_\varphi \varkappa^\varphi, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

où u^α définit la vitesse d'un point-événement x_α du système, où φ_α est le potentiel électromagnétique. Les Φ^*_φ se déduisent des Φ_α au moyen de (1) et (2). Nous aurons à utiliser aussi

$$\left\{\begin{aligned} A_\alpha &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial W}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial W}{\partial x_\alpha}\right), \qquad B_\alpha = \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U}{\partial u^\alpha}\right) - \left(\frac{\partial U}{\partial x_\alpha}\right), \\ A^*_\varphi &= \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial W}{\partial \varkappa^\varphi}\right) - \left(\frac{\partial W}{\partial q_\varphi}\right), \qquad B^*_\varphi = \frac{d}{ds}\left(\frac{\partial U}{\partial \varkappa^\varphi}\right) - \left(\frac{\partial U}{\partial q_\varphi}\right). \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On démontre que

$$A^*_\varphi = \sum_\alpha A_\alpha \frac{\partial x_\alpha}{\partial q_\varphi}, \qquad B^*_\varphi = \sum_\alpha B_\alpha \frac{\partial x_\alpha}{\partial q_\varphi}. \tag{4}$$

Il en résulte que le théorème du tenseur électromagnétique [1] devient

---

[1] *Voir* équation (200) de ma *Théorie des champs gravifiques* (*Mémorial des Sciences mathématiques*, fasc. XIV, Paris, 1926).

ici

(5) $$\int [A^*_{\varphi}\delta'\tau^{(m)} + B^*_{\varphi}\delta'\tau^{(e)}] = 0$$

où

$$\delta'\tau^{(m)} = \sigma^{(m)}\delta' x_1 \ldots \delta' x_4 \quad \text{et} \quad \delta'\tau^{(e)} = \sigma^{(e)}\delta' x_1 \ldots \delta' x_4$$

en représentant respectivement par $\sigma^{(m)}$ et $\sigma^{(e)}$ les facteurs de densité massique et électrique.

Dans le cas où le système atomique ou moléculaire se réduit à un nombre N de particules électromagnétiques *assimilables à des points*, on aura, en vertu de (5), *par un passage à la limite*,

(6) $$A^*_{\varphi\nu}\tau^{(m)}_{\nu} + B^*_{\varphi\nu}\tau^{(e)}_{\nu} = 0 \qquad (\nu = 1 \ldots N)$$

où $\tau^{(m)}_{\nu}$ et $\tau^{(e)}_{\nu}$ sont des *constantes* relatives à la $\nu^{\text{ième}}$ particule. Les équations (6) ont la forme de Lagrange; pour les mettre sous la forme canonique, on n'aura qu'à poser

(7) $$\begin{cases} H_{\nu} = -\Lambda_{\nu} + \sum_{\varphi} p_{\varphi\nu}\chi^{\varphi}, \\ \Lambda_{\nu} = W\tau^{(m)}_{\nu} = U\tau^{(e)}_{\nu}; \qquad p_{\varphi\nu} = \left(\dfrac{\partial\Lambda_{\nu}}{\partial\chi^{\varphi}}\right). \end{cases}$$

Alors les équations (6) s'écriront

(8) $$\frac{dq_{\varphi}}{ds} = \frac{\partial H_{\nu}}{\partial p_{\varphi\nu}}; \qquad \frac{dp_{\varphi\nu}}{ds} = -\frac{\partial H_{\nu}}{\partial q_{\varphi}} \qquad (\varphi = 1 \ldots f).$$

avec la condition $H_{\nu} = 0$ $(\nu = 1 \ldots N)$. L'intégration du système (8) se réduit à la recherche d'une intégrale complète S_{ν} de l'équation

(9) $$\sum_{\varphi}\sum_{\psi} g^{\varphi\psi}_{*}\left(\frac{\partial S_{\nu}}{\partial q_{\varphi}} - \tau^{(e)}_{\nu}\Phi^*_{\varphi}\right)\left(\frac{\partial S_{\nu}}{\partial q_{\psi}} - \tau^{(e)}_{\nu}\Phi^*_{\psi}\right) = (\tau^{(m)}_{\nu})^2.$$

où $g^{\varphi\psi}_{*}$ est le mineur de $g^*_{\varphi\psi}$, divisé par le déterminant g^* des $g^*_{\varphi\psi}$. Les valeurs des x'_{α} dans (9) sont celles qui se rapportent à la particule d'indice ν.

La quantification des systèmes atomiques ou moléculaires définis par (1) et (8) consistera essentiellement à introduire des conditions telles que les q_{φ} et les $p_{\varphi\nu}$ puissent s'exprimer au moyen d'*un nouveau* paramètre; ce paramètre pourrait être qualifié d'optique ou de spectral.

L'analyse précédente peut être reprise dans l'espace et le temps t; alors la charge et la masse de l'électron ou d'un noyau prennent la place des $\tau^{(e)}_{\nu}$

et des $\tau_{\nu}^{(m)}$; l'intuition usuelle facilite ainsi la compréhension de nos systèmes atomiques et moléculaires. Cependant, aux points de vue relativistique et quantique, il nous a paru nécessaire de faire cette étude dans l'espace-temps.

ÉLASTICITÉ. — *Sur une classe particulière de solutions du problème de la couronne circulaire. Application à la théorie des voûtes circulaires épaisses.* Note de M. R. CHAMBAUD, présentée par M. Mesnager.

1. Lorsqu'il existe dans un corps élastique une *tendance interne* aux changements de volume, comme celle qui résulte par exemple des changements de température ou des phénomènes de gonflement ou de retrait, il se développe en général, si cette tendance varie d'un point à un autre, des tensions élastiques non identiquement nulles, même en l'absence de forces extérieures au contour. Le problème de la couronne circulaire admet alors une classe de solutions assez analogues de forme à celles de Ribière (¹) et que je me propose d'indiquer ici.

Ces solutions permettent de résoudre le problème de la voûte circulaire encastrée, pour une répartition *arbitraire* des efforts d'expansion interne en fonction des rayons et des angles. Il y a là, semble-t-il, un champ d'application à l'art de l'ingénieur et à la technique des barrages-voûtes, notamment dans le cas usuel où ces barrages sont construits par voussoirs successifs, ce qui rend l'état interne variable avec l'azimut considéré.

2. Conservons les notations de mes Notes précédentes (²) : r, ω, z sont les coordonnées cylindriques d'un point courant; r_1, r_2 les rayons d'intrados et d'extrados. Le déplacement w dans le sens z est supposé nul; u et v sont les déplacements dans le sens radial et dans le sens circonférentiel; n_1, n_2, t_3 les efforts normaux et l'effort tangentiel suivant les mêmes directions; E le module de Young, σ le coefficient de Poisson.

Désignons par $\delta(r, \omega)$ la dilatation (linéaire) d'une particule de coordonnées r, ω, *supposée libre*, sous l'*effort d'expansion interne* (isotrope) régnant en ce point, et supposons d'abord δ de la forme particulière définie par l'équation

$$E\delta = (1 - \sigma)\,\varphi \cos m\omega, \tag{1}$$

où φ est une fonction quelconque de r et m un paramètre arbitraire. Posons

---

(¹) *Comptes rendus*, **108**, 1889, p. 561; **132**, 1901, p. 315.

(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 905; **182**, 1926, p. 43.

encore

$$\varphi_m = \int \varphi r^m \, dr. \tag{2}$$

On satisfait aux équations indéfinies de l'élasticité (généralisées en tenant compte de δ) en prenant pour les tensions

$$(3) \quad \begin{cases} 2n_1 = [\quad (m-1)\varphi_{-m+1} r^{m-2} - (m+1)\varphi_{m+1} r^{-m-2}] \cos m\omega, \\ 2n_2 = [-(m-1)\varphi_{-m+1} r^{m-2} + (m+1)\varphi_{m+1} r^{-m-2} - \varphi] \cos m\omega, \\ 2t_3 = [-(m-1)\varphi_{-m-1} r^{m-2} - (m+1)\varphi_{m-1} r^{-m-2}] \sin m\omega. \end{cases}$$

et pour les déplacements

$$(4) \quad \frac{2\mathrm{E}}{1+\sigma} u = \left(\frac{\varphi_{-m+1}}{r^{-m+1}} + \frac{\varphi_{m+1}}{r^{m+1}} \right) \cos m\omega, \qquad \frac{2\mathrm{E}}{1+\sigma} v = \left(-\frac{\varphi_{-m+1}}{r^{-m+1}} + \frac{\varphi_{m+1}}{r^{m+1}} \right) \sin m\omega.$$

Ces expressions sont invariantes si l'on y change m en $-m$. Elles conduisent à des solutions *réelles* quand m est *réel* ou *imaginaire pur*.

La question est alors de savoir si l'on peut en déduire par association avec les solutions de Ribière (contenant quatre constantes arbitraires) des solutions *réelles* du type que j'ai appelé *solutions principales* et qui correspondent à des efforts extérieurs *nuls à la fois sur l'intrados et sur l'extrados*. Or ce problème revient à déterminer les quatre constantes par quatre équations linéaires à second membre, et l'existence des solutions est liée à celle des *racines en m* du déterminant des inconnues que j'ai déjà rencontré dans une précédente recherche [1]. Nous arrivons ainsi aux conclusions suivantes :

A toute solution réelle de la classe (3) *correspond une solution principale. Si* $m = \pm 1$, *cette solution principale dépend d'une façon linéaire (mais non homogène) d'une constante arbitraire. Si* $m \neq \pm 1$, *elle est complètement déterminée en fonction de* φ *et ne renferme aucune constante arbitraire.*

3. Faisons maintenant $2m\omega_0 = k\pi$, ($k = 0, 1, 2, 3, \ldots$). Nos solutions principales, appliquées à la *voûte circulaire* d'ouverture $2\omega_0$ comprise entre les plans méridiens des naissances $\omega = 0$ et $\omega = 2\omega_0$, admettront comme condition aux limites une rotation *nulle* des *naissances* avec changement de la corde. En faisant la *compensation* sur la corde de fibre moyenne, par la méthode que j'ai indiquée dans mes Notes précédentes [2], on en déduira

---

(1) *Loc. cit.*, 181.

[Ce déterminant se met sous la forme

$$\mathrm{D} = \mathrm{D}'(\mathrm{sh}^2 m\theta - m^2 \mathrm{sh}^2 \theta), \qquad \left(\mathrm{D}' \neq 0,\ \theta = \log \frac{r_2}{r_1} > 0\right)\Big].$$

(2) *Loc. cit.*; voir également *Génie civil*, 88, 1926, p. 251, où j'ai donné un exemple numérique de *compensation*.

la solution du problème de la *voûte encastrée* pour la distribution particulière de δ qu'on s'est donnée.

4. Dans le cas enfin où δ est une fonction *quelconque* du point (r, ω), la généralisation est aisée : on peut en effet écrire, en représentant δ par une série de Fourier

$$\frac{E\delta}{1-\sigma}=\sum_{k=0}^{\infty}\varphi^{(k)}\cos m\omega, \qquad (2m\omega_0=k\pi,\ 0\leq\omega\leq 2\omega_0), \tag{5}$$

les $\varphi^{(k)}$ désignant des fonctions connues de r dans l'intervalle (r_1, r_2). Nous obtiendrons ainsi par voie d'addition les solutions correspondantes du problème élastique, sous la forme de séries de Fourier jouissant des mêmes propriétés que les solutions simples précédentes. On en déduira de la même façon les solutions principales puis la solution du problème de la voûte encastrée dans le cas général que nous avions en vue. Naturellement, si la distribution de δ est symétrique par rapport au rayon de clé il sera plus commode de prendre ce rayon pour origine des angles. Les angles varieront alors de $-\omega_0$ à $+\omega_0$ et l'on fera $m\omega_0=k\pi$.

Dans toutes ces solutions l'effort normal n_3 dans le sens des génératrices est donné par la formule $(1-\sigma)n_3+E\delta=0$.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des verres industriels.*
Note de M. M. Samsoen, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les principaux constituants des verres industriels sont : la silice, l'alumine, la chaux et la soude. Les proportions respectives de ces constituants varient dans des limites restreintes. Nous avons pris comme base de nos recherches les trois verres de compositions suivantes :

Verres.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	Na^2O+K^2O.	Fe^2O^3.	MgO.	Mn^3O^4.	Total.
A	69,95	1,7	17,35	10,00	0,65	0,15	0,05	99,85
B	68,6	2,7	8,6	18,3	1,3	0,2	0,35	100,05
C	64,85	6,37	13,85	11,9	1,63	1,23	0,07	99,90

Ces verres sont respectivement riches en chaux, soude et alumine; il était possible, en mélangeant ces verres en proportions variables, de faire une étude systématique comprenant ces verres et toutes les compositions intermédiaires.

Toutes nos mesures de dilatation ont été faites au dilatomètre différentiel de Chevenard par comparaison avec le Baros. Nos éprouvettes de verre de

50mm de longueur ont été obtenues par le procédé suivant : les verres A, B et C, broyés en une poudre passant au tamis 200, ont été mélangés en proportions variables; ces mélanges, après avoir été agités, ont été portés pendant un temps suffisant jusqu'à une température comprise entre 1400° et 1500° dans un creuset de platine. Dans ces conditions l'homogénéité du produit vitreux obtenu a toujours été parfaite. Il a suffi de renverser le creuset de platine alors que son contenu était à une température variant de 700° à 1100° pour qu'il s'écoule un liquide visqueux prenant au refroidissement la forme d'une baguette rectiligne, de dimensions convenant parfaitement aux expériences dilatométriques.

Nous donnons dans le Tableau suivant un certain nombre de résultats. Dans la première colonne nous indiquons le mode de préparation; les lettres A, B, C se rapportent aux trois verres initiaux et les chiffres placés en exposants donnent la proportion pondérale de chacun de ces verres entrant dans le mélange. Dans les quatre colonnes suivantes nous avons porté les teneurs en silice, alumine, chaux et alcalis; dans la cinquième colonne le coefficient de dilatation à 20°; dans la sixième la température du point de transition et, dans la dernière, le coefficient de dilatation enregistré au-dessus de cette température.

Composition.	SiO^2.	Al^2O^3.	CaO.	Na^2O+K^2O.	$C_1 \times 10^{-6}$ 20°.	Température de transition.	$C^2 \times 10^{-6}$.
A	69,95	1,7	17,35	10,00	6,54	480°	22,5
B	68,6	2,7	8,6	18,3	8,84	500	34,7
C	64,85	6,37	13,85	11,9	6,67	540	18,6
A^1B^1	69,27	2,3	12,97	14,15	7,72	510	28,4
A^1C^1	67,35	4,04	15,60	10,95	8,15	535	26,3
B^1C^1	66,72	4,33	11,22	15,10	7,77	525	22,5
B^3C^1	67,7	3,62	9,91	16,7	8,69	515	27,4
B^1C^3	65,8	5,45	12,54	13,5	6,92	550	19,1
A^3C^1	68,7	2,87	16,5	10,5	7,28	495	20,4
A^1C^3	66,1	5,2	14,7	11,4	7,41	535	15,3
$A^1B^1C^1$ ..	67,8	3,6	13,3	13,4	8,07	530	23,7
$A^4B^1C^1$ ..	68,87	2,64	15,3	11,7	7,26	530	25,9
$A^1B^4C^1$ ..	68,5	3,14	10,9	15,85	7,82	485	22,3
$A^1B^1C^4$ ..	66,32	5,00	13,56	12,65	7,43	540	27,0
A^3B^1	69,61	1,95	15,16	12,1	6,78	485	24,5
A^1B^3	68,94	2,35	10,81	16,19	8,53	495	30,8
$A^3B^3C^2$ ..	68,17	3,42	13,22	13,59	8,15	515	29,3

Les coefficients de dilatation sont les coefficients vrais calculés par la

méthode des tangentes. Ils croissent avec la température. Pour le verre A^1B^1 on a :

20°	7,72	10^{-6}
400	9,53	–
500	10,01	–

La complexité du problème rend toute conclusion théorique hasardée. Cependant cette étude systématique met en défaut, même pour les verres industriels, la règle additive beaucoup trop simple de Winkelmann et Schott. Si l'additivité était vérifiée, la surface obtenue en portant perpendiculairement au diagramme triangulaire des cotes égales aux coefficients de dilatation, serait un plan et les sections de ce plan par des plans verticaux seraient des droites.

Si l'écart qui sépare la courbe de la droite moyenne n'est pas très considérable pour les mélanges AB et BC, il est considérable pour les mélanges AC.

Par exemple le mélange A′C′ possède une dilatation égale à $8,15.10^{-6}$, quand le calcul par la règle des mélanges donnerait une dilatation de $6,62.10^{-6}$. Ce résultat confirme les anciennes expériences de M. Grenet sur les verres alumineux.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons α à charge simple.* Note de M. **Salomon Rosenblum**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours de travaux expérimentaux sur les rayons α, j'ai eu l'occasion d'étudier la technique qui concerne la photographie de ces rayons déviés sous l'action d'un champ magnétique. J'ai réussi à obtenir des photographies nettes des deux groupes de rayons α du dépôt actif du Th avec une source dont le rayonnement γ était faible et équivalent à celui de 0,05 millicurie de R_a-él. et après une exposition de 6 minutes seulement. Ayant pu concentrer plus de 10 millicuries sur une source ayant la même forme géométrique, les rayons doivent être, en ce cas, visibles après une exposition de 2 secondes. La période du dépôt actif étant suffisamment longue, 10,6 heures, on peut donc espérer déceler après 1 heure d'exposition, des groupes de rayons environ 2000 fois moins intenses que les groupes principaux.

En effet j'ai pu obtenir sur plusieurs clichés, en plus des deux raies dues

au ThC et au ThC′, deux autres raies fines se trouvant à mi-chemin à partir de la raie centrale.

En 1922 ([1]) S.-H. Henderson a signalé avoir photographié, à l'aide des plaques Schumann dans l'extrême vide, une « bande mi-chemin » qu'il attribuait à des rayons α portant une charge simple; les rayons, dus au radium C avaient été préalablement ralentis. D'après l'auteur, un vide très poussé était essentiel pour apercevoir le faisceau à charge simple.

Rutherford a repris la question par la méthode de scintillations et a pu donner des renseignements sur le rapport du nombre des rayons α portant double et simple charge, en fonction de l'épaisseur traversée.

Comme Henderson n'a pu photographier les rayons α à simple charge que dans un faisceau ayant traversé la matière, il paraît intéressant de signaler que ces rayons, supposés à charge simple, existent déjà dans les faisceaux non ralentis provenant du dépôt actif du ThC, et que j'ai pu les photographier à l'aide de plaques photographiques ordinaires. D'après Rutherford ([2]) d'ailleurs, les rayons portant une charge simple existeraient déjà à partir de la source. Quant au rapport du nombre de ces rayons supposés à charge simple à celui des rayons à charge double, dans les conditions où je les ai photographiés, il serait difficile de donner des nombres exacts; toutefois, je crois que le rapport 1 : 1000 pourrait donner une idée approximative. L'aspect des raies « mi-chemin » est le même que celui des raies principales. Je signale encore, que sur mes clichés, en plus des raies « mi-chemin », il existe une petite bande très faible entre la raie centrale et les raies nouvelles.

Dispositif expérimental. — La source était le bord d'une bandelette d'argent ou d'or de $0^{mm},05$ d'épaisseur et de 8^{mm} de longueur. Ce bord, préalablement rodé entre deux pièces de laiton ou d'ébonite, était seul activé. Son rayonnement γ était équivalent à environ 11 millicuries de R_a-él. Cette bandelette était serrée entre deux pièces de laiton, et le petit bloc ainsi formé pouvait être ajusté au-dessous de la fente de l'appareil à déviation magnétique ([3]); cette fente était moins serrée que d'habitude. Le rayon de courbure dans le champ magnétique était défini dans ces conditions par la source quasi linéaire et la fente supérieure. La fente inférieure était recouverte d'une feuille d'Al de $0^{mm},05$ d'épaisseur pour

---

([1]) Henderson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **102**, 1922, p. 496.

([2]) Rutherford, *Phil. Mag.*, **47**, 1924, p. 277.

([3]) S. Rosemblum, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1332.

empêcher une contamination possible par l'effet du recul radioactif. Avant d'installer la source, on s'était assuré par un examen en rayons γ pénétrants que l'appareil n'était pas contaminé. La feuille d'Al protectrice de la fente réduisait de 3 pour 100 la vitesse initiale des rayons de ThC'. Une expérience a été faite en supprimant la feuille; les raies « mi-chemin » persistaient, sans être sensiblement affaiblies. Le vide était obtenu à l'aide d'une pompe à huile, à double étage, la pression était inférieure à $0^{mm},01$ de mercure. Le champ magnétique était de l'ordre de 15000 gauss. J'ai obtenu dans trois expériences successives les résultats suivants pour les distances des milieux des raies à partir de la raie centrale :

	ThC.	ThC'.	Raie I mi-chem.	Raie II mi-chem.	Fin de bande.	Tête de bande.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
I.................	3,07	2,37	1,49	1,18	0,55	0,28
II................	2,88	2,29	1,53	1,21	0,61	0,32
III	-	3,60	faible	1,92	-	-

Dans l'expérience III la distance plaque-source était plus grande. Le rapport des déviations correspondantes est à la précision des mesures sensiblement 1 : 2. Un effet de surexposition diminue la précision des lectures au microscope pour les raies fortes. Ces recherches seront poursuivies et l'on espère pouvoir entreprendre ultérieurement une étude des rayons α du dépôt actif du Th par la méthode de déviation dans un champ électrique. Quant à la bande « mi-mi-chemin », il serait prématuré de tenter une explication.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Allure des isothermes représentant la résistivité et le pouvoir thermo-électrique des ferronickels réversibles, dans l'intervalle* — 200° *à* + 1000°. Note (¹) de M. **Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les isothermes qui représentent les propriétés des ferronickels réversibles en fonction de la concentration ont, en général, une allure tourmentée parce que les différents alliages, observés à la même température, ne sont pas à la même étape de leur transformation magnétique. Mais cette allure se simplifie aux températures élevées où la transformation est à peine commencée, et aux températures très basses où elle est presque achevée pour tous les alliages.

(¹) Séance du 31 mai 1926.

Pour certaines propriétés, les isothermes tracées aux basses températures présentent des singularités bien nettes sur l'ordonnée de l'alliage Fe^2Ni, qui renferme 34,45 pour 100 Ni. On note un point anguleux dans les diagrammes de l'aimantation à saturation (1), du volume spécifique (2) et des modules d'élasticité (3), calculés pour le zéro absolu, et un maximum très aigu de la courbe de l'anomalie totale (4). D'autre part, ainsi que M. Guillaume l'a montré, le minimum des isothermes de dilatabilité rétrograde du côté du fer quand la température s'abaisse; à 0°, l'abscisse du minimum est d'environ 35,5 pour 100 Ni, et j'ai constaté qu'elle tend à se fixer au voisinage de 34,5 pour 100 Ni aux températures inférieures à — 100°.

Il m'a paru intéressant de rechercher si l'étude de la résistivité et du pouvoir thermo-électrique des ferronickels, entre — 195° et + 1000°, apporterait de nouveaux arguments en faveur de l'existence de Fe^2Ni : à ma connaissance, cette détermination expérimentale n'a pas encore été entreprise, pour l'ensemble des ferronickels, dans un intervalle de température aussi étendu.

Les alliages d'essai, préparés avec du nickel Mond et du fer électrolytique, renferment, pour principale impureté, la petite quantité de manganèse indispensable au forgeage : 0,2 à 0,7 pour 100 suivant la teneur en nickel. Ils ont été étudiés, au laboratoire des aciéries d'Imphy, au moyen d'un enregistreur qui inscrit, sur une plaque sensible, la variation thermique de la résistance électrique d'un barreau ou la force thermo-électrique d'un couple platine-alliage étudié.

Le réseau de la figure ci-après, qui groupe des isothermes échelonnées de — 200° (5) à + 1000°, concerne la résistivité des ferronickels réversibles, c'est-à-dire des solutions solides austénitiques qui correspondent à l'état stable à chaud du système fer-nickel.

Pour les alliages riches en fer, le domaine de l'état austénitique est limité par la transformation allotropique au refroidissement Ar. C'est pourquoi, au-dessous de 900°, température du point Ar du fer pur, les

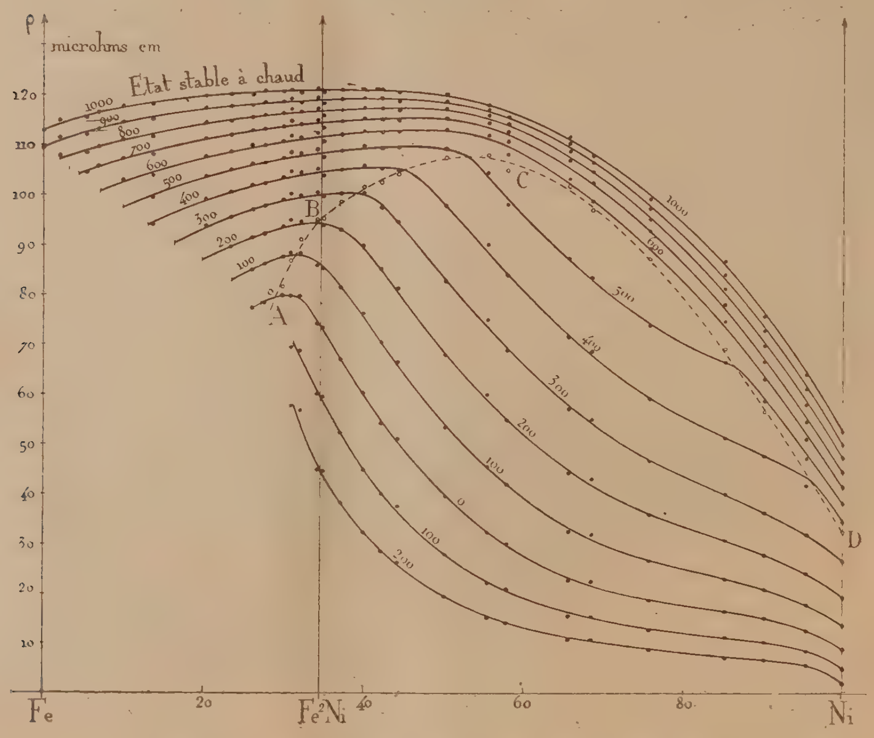
---

(1) P. Weiss et G. Foex, *J. de Phys.*, 5e série, 1, 1911, p. 809, et M. Peschard, *Rev. de Métallurgie*, 22, 1925, p. 604.

(2), (3), (4) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 53; 172, 1921, p. 594; 181, 1925, p. 780.

(5) Les courbes enregistrées entre — 195° et + 1000° sont nettes et régulières et peuvent être extrapolées jusqu'à — 200° sans erreur appréciable. Mais il m'a paru impossible de les extrapoler jusqu'au zéro absolu avec une certitude suffisante.

isothermes sont tronquées vers la gauche. Mais les alliages tenant 31 à 34 pour 100 Ni refroidis très rapidement peuvent conserver leur état stable à chaud à $-195°$; cette aptitude à l'hypertrempe a permis de prolonger jusqu'à 31 pour 100 Ni l'isotherme de $-200°$, qui devrait s'arrêter à 34 pour 100 Ni environ. Or cette courbe ne paraît pas présenter d'accident



Isothermes résistivité-concentration des ferronickels réversibles.

à l'aplomb de Fe^2Ni. Quant aux isothermes relatives aux températures élevées, elles sont sûrement exemptes de singularité.

La transformation magnétique d'un ferronickel réversible se manifeste sur la courbe résistivité-température par un changement de direction, la température du point de plus forte courbure coïncidant avec le point de Curie. Le lieu de ces points de plus forte courbure est une ligne ABCD, qui jalonne aussi les coudes des lignes isothermes. Cette courbe ABCD paraît posséder un point anguleux en B, sur l'ordonnée de Fe^2Ni.

Les isothermes du pouvoir thermo-électrique ont, dans leur ensemble, la même allure que celles de la résistivité et appellent les mêmes remarques.

En résumé, les résultats recueillis dans l'étude des propriétés électriques des ferronickels réversibles entre — 195° et + 1000° ne mettent pas nettement en évidence le composé Fe^2Ni, mais ne contredisent pas non plus son existence. Pour recueillir des indications plus nettes, il serait nécessaire de poursuivre les expériences au-dessous de — 195°, afin de comparer les alliages aux températures voisines du zéro absolu.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures de phosphore, étain, arsenic, antimoine, plomb, bismuth, silicium, titane, zirconium et thorium.* Note de M. T. **Karantassis**, présentée par M. Urbain.

Dans une Note précédente [1] nous avons décrit le phénomène de la double décomposition avec les halogénures des métaux du groupe de l'arsenic, et ceux des métaux du groupe de l'étain. Nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés du phosphore d'une part, de l'arsenic, de l'antimoine, du bismuth, du plomb, de l'étain, du silicium, du zirconium, du thorium, du titane d'autre part.

Triiodure de phosphore et chlorure stannique. — La réaction devait être ainsi $4I^3P + 3Cl^4Sn = 3I^4Sn + 4Cl^3P$. On l'a vérifiée comme suit : le mélange des substances, qui était accompagné d'un échauffement assez notable en donnant un liquide rouge foncé, est chauffé dans un petit ballon à distiller sur un bain-marie; pour éviter l'action de l'air et de l'humidité on opère dans un courant de CO^2 sec. On recueille d'abord la portion qui passe entre 76° à 80°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est Cl^3P.

Le résidu ne distille qu'à 295°-330°, c'est du I^4Sn pur qui pesait $6^g,8$ au lieu de $7^g,2$ correspondant à la quantité théorique. Cette petite différence provient de ce que notre essai n'était pas quantitatif. La réaction était totale dans le sens de la formation de I^4Sn.

Le système inverse I^4Sn et Cl^3P ne réagit pas.

Triiodure de phosphore et trichlorure d'antimoine. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction $Cl^3Sb + I^3P \rightleftharpoons I^3Sb + Cl^3P$ a lieu dans le sens $\rightarrow$ et l'on isole facilement Cl^3P formé. Le résidu ne distille qu'au-dessus de 400° : c'est du

(1) T. Karantassis, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 699.

I^3Sb pur, qui pesait $9^g,5$ au lieu de $9^g,97$ calculé. Là encore, la réaction était totale. Le système inverse I^3Sb et Cl^3P ne réagit absolument pas.

Pentachlorure de phosphore et triiodure d'antimoine. — La réaction peut être expliquée ainsi :

$$3\,Cl^5P + 3\,I^3Sb = 3\,Cl^3Sb + ICl + 3\,Cl^3P$$

ou

$$3\,Cl^5P + I^3Sb = 3\,Cl^3P + 3\,ICl + Cl^3Sb,$$

le $Cl^5P \rightarrow Cl^2 + Cl^3P$.

En opérant avec 3^{mol} de Cl^5P et 4^{mol} de I^3Sb et en chauffant au bain-marie, on a une première fraction qui distille de 76°-80°, formé d'un liquide légèrement coloré en violet : c'est Cl^3P. Dans le ballon, il reste comme résidu une masse solide très fortement colorée en violet foncé par l'iode mis en liberté. On chasse l'iode et on a comme résidu une masse jaunâtre à chaud spongieuse et qui se volatilise sans fondre : c'est $SbCl^5, PCl^5$ formé pendant la réaction. D'après ces données la réaction doit être ainsi :

$$7\,Cl^5P + 2\,I^3Sb = 5\,Cl^3P + 6\,I + 2\,Cl^5Sb.Cl^5P.$$

La formation de $SbICl$ n'a pas eu lieu.

Triiodure de phosphore et pentachlorure d'antimoine. — La réaction devait être ainsi :

$$C^5Sb + I^3P = Cl^5P + I^3Sb.$$

En faisant agir Cl^5Sb sur I^3P, il se produit une vive réaction accompagnée d'échauffement notable et de vapeurs d'iode mises en liberté. On isole d'abord le Cl^3P formé. Le résidu était composé de I^3Sb et d'une petite quantité de $SbCl^5.PCl^5$. Là, la réaction se passe comme avec la Cl^5P et le I^3Sb, mais comme on est parti de molécules égales de Cl^5Sb et de I^3P, la quantité Cl^5P fermée est trop faible pour réagir sur I^2Sb formé et donner $SbCl^5.PCl^5$.

Triiodure de phosphore et trichlorure d'arsenic. — La réaction était totale dans le sens de la formation de I^3As qui pesait 7^g au lieu de $7^g,3$. Le système inverse I^3As et Cl^3P ne réagit pas.

Triiodure de phosphore et chlorure de bismuth. — La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^3Bi qui pesait $4^g,7$ au lieu de $4^g,92$. Le système inverse ne réagit absolument pas.

Triiodure de phosphore et chlorure de plomb. — Ici encore la réaction était totale. On a trouvé $3^g,52$ de I^2Pb au lieu de $3^g,8$. Le système inverse ne réagit pas.

Tétraiodure de titane et trichlorure de phosphore. — La double décomposition était totale dans le sens de la formation de I^3P et Cl^4Ti. Le système inverse I^3P et Cl^4Ti ne réagit pas, même en chauffant en tube scellé à 200° pendant trois heures.

Tétrachlorure de silicium et triiodure de phosphore. — Il ne se produit aucune réaction.

Tétrachlorure de zirconium et triiodure de phosphore. — Pas de réaction. Aussi avec Cl^4Zr et I^4Sn il ne se produit aucune réaction. On sépare par distillation le I^4Sn employé et l'on a comme résidu Cl^4Zr.

Tétrachlorure de thorium et iodure stannique. — En chauffant molécules égales

de I^4Sn et Cl^4Th on n'observe aucune réaction. On sépare par distillation I^4Sn et l'on a comme résidu Cl^4Th. Avec Cl^4Th et I^3P il ne se produit aucune réaction.

De cette Note et de la précédente, on peut tirer les conclusions suivantes :

Dans le groupe des métalloïdes trivalents, l'iodure d'un élément de poids atomique faible échange son iode contre le chlore ou le brome d'un halogénure d'élément de poids atomique plus fort.

Si nous subdivisons les métalloïdes équivalents en deux sous-groupes :

(I) C, Si, Ti, Zr, Th, Ce, Celt

et

(II) Ge, Sn, Pb,

nous voyons que l'iodure de titane fait échange de son iode avec les chlorures des métalloïdes trivalents, et il en serait de même pour les autres iodures du groupe (I) car leurs chlorures ne réagissent pas sur l'iodure de phosphore. En outre aucun chlorure (I) ne réagit sur I^4Sn seul représentant abordable du groupe (II).

Étant données les analogies de Zr et de Celt, il est certain que ce dernier se comporterait comme Zr. Il reste enfin une réaction intéressante à effectuer : c'est celle d'un halogénure de Ge avec un halogénure de Sn; le prix élevé du germanium ne nous a pas permis de tenter cette vérification.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des composés organomagnésiens sur quelques amides N dialcoylées aromatiques.* Note [1] de M. N. **Maxim**, présentée par M. G. Urbain.

L'action des organomagnésiens sur les amides a fait l'objet déjà d'un certain nombre de travaux. On sait que la réaction normale indiquée par Beis [2] pour les amides primaires est

(I) $$RCONH^2 + R'MgX \rightarrow RCOR' + NH^3.$$

Avec une amide dialcoylée, on aura

(II) $$RCON(R_1)^2 + R'MgX \rightarrow RCOR' + HN(R_1)^2.$$

---

(1) Séance du 31 mai 1926.

(2) Beis, *Comptes rendus*, 137, 1903, p. 575.

Avec certaines amides dialcoylées différents auteurs, Bouveault (¹) pour la N diéthylformamide, Busch (²) pour l'éthylanilide benzoïque, M. Blaise et Mlle Montagne (³) pour la tétréthyldiamide glutarique ont signalé l'existence d'une réaction secondaire qui peut être très importante ou même prédominante dans certains cas. On l'exprimera de la façon suivante sans rien préjuger en ce qui concerne le mécanisme de la réaction

$$\text{(III)} \qquad RCON(R_1)^2 + 2R'MgX = R\overset{\overset{(R')^2}{\|}}{C}N(R_1)^2 + MgO + MgX^2.$$

J'ai entrepris l'étude d'un certain nombre d'amides N diéthylées de la série aromatique afin de voir si dans ce cas cette dernière réaction est susceptible d'être mise en évidence. J'ai condensé différents organomagnésiens sur les amides dialcoylées suivantes : N diéthylbenzamide, N diéthylphénylacétamide, N diéthylphényl propionamide, N diéthyldiphénylacétamide et N diéthyldibenzylacétamide.

J'ai étudié aussi la phénylacétamide primaire, la diphénylacétamide primaire et la dibenzylacétamide primaire.

Dans aucun cas je n'ai observé la réaction secondaire (III) indiquée plus haut. Les amides mises en œuvre ont donné exclusivement des cétones d'après la réaction (II) ou bien n'ont pas réagi.

Au cours de ce travail, j'ai fait les remarques suivantes :

1. Suivant que la réaction est faite au sein de l'éther ou bien dans le benzène ou le toluène à la température d'ébullition de ces solvants les rendements varient de 30 à 70 pour 100.

2. Les amides primaires réagissent mieux que les amides dialcoylées correspondantes.

3. Le bromure de phénylmagnésium a une activité réactionnelle supérieure à celle des halogénures gras utilisés.

N diéthylbenzamide. — Avec le bromure d'éthylmagnésium on obtient l'éthylphénylcétone; avec le chlorure de benzylmagnésium on a la désoxybenzoïne.

N diéthylphénylacétamide. — Elle ne réagit pas avec les halogénures d'éthylmagnésium; le bromure de phénylmagnésium conduit à la désoxybenzoïne.

Phénylacétamide primaire. — Cette amide réagit normalement avec le bromure d'éthylmagnésium; on obtient la benzyléthylcétone.

N diéthylphényl propionamide $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.N(C^2H^5)^2$. — Ce composé

(¹) Bouveault, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 31, 1904, p. 1322.

(²) Busch, *Central Blatt*, 1910 (2), p. 1460.

(³) M. Blaise et Mlle Montagne, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1345.

n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un liquide bouillant à 170° sous 11^{mm}. Il donne avec le bromure d'éthylmagnésium la 1 phényl-pentane-one 3; la semi-carbazone qui n'avait pas encore été signalée fond à 131°-132°. Avec le bromure de phénylmagnésium on obtient l'α-benzylacétophénone; la semi-carbazone qui n'avait pas encore été signalée fond à 140°.

N diéthyldiphénylacétamide $(C^6H^5)^2CHCON(C^2H^5)^2$. — Ce composé n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un corps cristallisé fondant à 64°-65°. Il ne réagit ni avec le bromure d'éthylmagnésium ni avec le bromure de phénylmagnésium.

Diphénylacétamide primaire. — Elle réagit avec le bromure d'éthylmagnésium et donne la 1-1 diphénylbutane-one 2 $(C^6H^5)^2CH.COC^2H^5$; cette cétone n'avait pas encore été signalée. C'est un liquide bouillant à 186° sous 14^{mm}. La semi-carbazone fond à 189°-190°.

N diéthyldibenzylacétamide $(C^6H^5CH^2)^2CH.CO.N(C^2H^5)^2$. — Ce composé n'avait pas encore été signalé; je l'ai préparé à partir du chlorure d'acide correspondant et de la diéthylamine. C'est un corps cristallisé fondant à 56°; point d'ébullition 225 sous 13^{mm}. Il ne réagit ni avec le bromure d'éthylmagnésium ni avec le bromure de phénylmagnésium.

Dibenzylacétamide primaire. — Cette amide réagit avec le bromure d'éthylmagnésium et donne la 1-1 dibenzylbutane-one 2 $(C^6H^5CH^2)^2CH.CO.C^2H^5$; cette cétone n'avait pas encore été signalée; c'est un liquide bouillant à 205° sous 17^{mm}. La semicarbazone fond à 160°-161°.

On voit que dans tous les cas étudiés ici la réaction de Béis dite normale a été seule observée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Aréisme et Indice d'aridité.* Note de M. **Em. de Martonne**, présentée par M. R. Bourgeois.

J'ai fait connaître ([1]) les résultats auxquels je suis arrivé (en collaboration avec L. Aufrère) touchant l'étendue du drainage océanique. Plus d'un quart de l'ensemble des terres y échappe, 30 pour 100 si l'on fait abstraction des terres polaires. Les propriétés des régions privées d'écoulement vers les océans paraissent si singulières au point de vue hydrographique, climatologique, morphologique et géologique même, qu'il semble nécessaire d'établir des distinctions et de créer des termes généraux permettant de définir les différentes modalités de l'écoulement.

On peut parler de *drainage extérieur* ou de *drainage océanique* dans tous

---

([1]) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 939.

les cas où il y a écoulement régulier vers la mer; de *drainage intérieur* ou de *drainage continental* dans le cas contraire. Mais, parmi les régions de drainage intérieur, il convient de distinguer celles où l'écoulement, régulier ou intermittent, aboutit à une dépression fermée; et celles où l'eau tombée ne donne aucun écoulement. Pour ce dernier cas, il est commode de disposer d'un terme simple et international; je propose celui d'*arrhéisme* (de α et ῥεω) ou, si l'on admet une orthographe simplifiée, *aréisme*. Par analogie on dira *endorrhéisme* (ou *endoréisme*) pour drainage intérieur et *exorrhéisme* (ou *exoréisme*) pour drainage océanique.

Les proportions de l'endoréisme par degrés de latitude ont été données précédemment [1] et l'on a montré leur rapport avec une fonction des précipitations et de la température $P:(T+10)$. Je propose de donner à cette fonction le nom d'*indice d'aridité*.

Il est intéressant d'en dresser la carte pour l'ensemble des continents et la comparaison avec la carte du drainage intérieur révèle des faits intéressants. On constate en outre que l'indice d'aridité a un rapport direct avec les aspects de la végétation et les conditions mêmes de l'exploitation du sol; si bien qu'on peut le considérer comme une notion climatologique nouvelle d'une grande valeur géographique.

Notons d'abord que les régions aréiques correspondent à des indices d'aridité inférieurs à 5 (Sahara, Arabie, Turkestan, Australie centrale, Désert de Gila, Kalahari). L'endoréisme s'étend à presque toutes les régions où l'indice d'aridité est au-dessous de 10. S'il dépasse en Asie, il est clair que ce fait est dû aux mouvements orogéniques qui ont créé des bassins fermés. L'aire de drainage de la Caspienne déborde largement sur une zone où l'indice d'aridité est supérieur à 20 ou même 30 (Haut Volga). Dans l'Amérique du Sud l'extension de l'aréisme paraît anormale. Par contre des conquêtes récentes de l'exoréisme sont indiquées en Afrique par une extension du drainage océanique dans des régions où l'indice d'aridité est voisin de 20 (Kalahari-Zambèze) ou même inférieur à 10 (cuvette de Tombouctou).

La carte de l'indice d'aridité donne une expression climatologique très supérieure à celle des pluies; elle permet de définir exactement les climats secs (ce sont ceux où l'indice est inférieur à 20 et où, par suite, l'écoulement est temporaire), et les pays humides (ce sont ceux où l'indice est supérieur à 30 et où l'écoulement est constant). L'influence du relief, favorable ou défavorable, suivant le système de pentes créé par les mouve-

(1) *Loc. cit.*

ments orogéniques, au drainage océanique, s'exerce entre les indices 10 et 30. Au-dessus de 40, l'écoulement vers la mer est non seulement assuré mais abondant. Au-dessous de 5 l'aréisme est inévitable.

L'examen de la carte montre un rapport évident de l'indice d'aridité avec la végétation naturelle et les possibilités agricoles. La végétation est très pauvre au-dessous de 10; en général, le vrai désert correspond à des valeurs inférieures à 5, les steppes désertiques de 5 à 10. La culture par *dryfarming* devient possible à partir de 10. L'irrigation est toujours utile jusqu'aux valeurs 20. Les formations végétales herbacées, frutescentes ou épineuses s'étendent en général dans les régions où l'indice varie de 10 à 30. Vers 30, la forêt apparaît souvent et devient la formation climatique (au sens de Clemens) à partir de 40.

Ces constatations font supposer qu'il y aurait intérêt à calculer les valeurs mensuelles de l'indice d'aridité au moyen des précipitations mensuelles (p) et des températures moyennes mensuelles (t). La formule deviendrait $12p:(t+10)$.

Nous avons là le moyen de définir exactement un mois sec au sens climatologique. Quelques exemples montreront l'intérêt des courbes obtenues (le premier mois est janvier) :

Paris	36	24	27	23	36	37	21	20	23	33	36	37
Bucarest	56	36	33	27	27	32	26	18	15	15	38	48
Lisbonne	56	48	51	30	25	5	1	3	1	35	48	59
Athènes	33	23	18	9	8	6	2	2	7	18	36	36
Mombasa	8	7	18	54	108	48	30	20	21	27	48	15
Kayes	0	0	0	0	3	26	63	67	44	14	21	13
Madras	7	2	2	5	14	14	29	36	38	93	106	45
Changhaï	55	60	55	51	41	65	40	50	51	36	35	48

On reconnaît la sécheresse du climat danubien (Bucarest), l'aridité vraiment désertique du climat méditerranéen s'étendant sur 6 mois en Grèce, sur 3 seulement au Portugal. Dans les pays tropicaux et de mousson (Kayes, Madras) l'extension réelle de la sécheresse apparaît bien plus grande que d'après les courbes de pluies; on voit clairement le régime particulier de Madras; on se rend compte de l'absence de sécheresse qui caractérise le sud-est de la Chine (Changhaï); la double pulsation vers la sécheresse du climat subéquatorial se montre avec évidence à Mombasa.

Il semble que l'indice d'aridité mérite d'être considéré comme une notion climatologique que des cartes et des courbes devraient figurer dans tous les atlas généraux. Il peut être calculé facilement pour tout l'ensemble du

globe, n'exigeant que la connaissance des précipitations et des températures, avantage évident sur des fonctions plus complexes comme celles qui ont été proposées par Fransear et Szymkiewicz pour étudier l'humidité atmosphérique dans ses rapports avec la végétation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur de nouvelles sources radioactives dans le Puy-de-Dôme.* Note de M. **Ch. Jacquet**, présentée par M. Daniel Berthelot.

En comparant la source Ad. Lepape de Luchon jusque-là la plus radioactive des sources françaises, avec 41,5 millimicrocuries par litre d'eau, aux sources étrangères plus radioactives, M. Lepape disait : « Nous faisons abstraction des sources froides extraordinairement radioactives situées au voisinage des mines d'urane telles que celles de Joachimstal (Bohême), Brombach (près Johanngeorgenstadt, Saxe) et Urgeiriça (Portugal) » [1].

Ce dernier cas est celui de la source minérale de Châteldon-Montagne dont la température est de 10°,0 et le débit régulier de 140^{l} par heure. Nous avons étudié, en 1925 et 1926, l'émanation du radium de cette source. Les échantillons ont été prélevés au griffon dans des bouteilles d'un litre obturées par un bouchon à ressort. Au laboratoire, l'eau était aspirée dans un ballon où au préalable on avait fait le vide. Par ébullition, on extrayait la totalité des gaz dissous dans le condensateur (vol. $= 2^{l}$) de l'appareil Danne.

Le Tableau suivant donne la quantité d'émanation trouvée par litre d'eau :

Date du prélèvement.	Condensateur de mesure n°.	Émanation du radium (en millimicrocuries par litre d'eau).
4 avril 1925	1	105,7
»	2	105,6
7 mai 1925	1	105,2
»	2	105,0
23 novembre 1925	1	106,2
»	2	106,2
12 mai 1926	1	105,3
»	6	105,2
»	8	105,0
18 mai 1926	1	106,1
»	3	106,0
»	4	106,3
»	5	106,3
»	7	106,0
»	8	106,1
Conductivité électrique : $1,61 \times 10^{-3}$.	Moyenne générale....	105,75

(1) Ad. Lepape, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 733.

Le résultat précédent nous a incité à rechercher d'autres sources dans le voisinage. A 400^m dans la direction N une source non captée nous a donné les résultats suivants :

Date du prélèvement.	Condensateur de mesure n°.	Émanation du radium (en millimicrocuries par litre d'eau).
22 mai 1926	1	29,2
»	6	29,0

Conductivité électrique : $5,15 \times 10^{-4}$.

Des eaux superficielles se mélangent à l'eau de cette source.

Si l'on en tient compte, les conductivités montrent que les teneurs en émanation sont du même ordre de grandeur pour ces deux sources. Celles-ci sont sur la rive gauche du Vauziron. Il n'en est plus de même pour celles de l'établissement thermal Desbret que l'on trouve sur la rive droite en descendant le ruisseau et dont le bassin d'alimentation semble être différent.

Date du prélèvement.	Source n°.	Conductivité.	Condensateur n°.	Teneur en millimicro-curies par litre.
7 mai 1926..........	1	$2,36 \times 10^{-3}$	2	8,0
»	2	$2,36 \times 10^{-3}$	4	9,0
»	3	$2,29 \times 10^{-3}$	1	10,2

Une source émergeant à 50^m d'une fouille pratiquée dans un filon quartzeux renfermant des paillettes de chalcosine (phosphate d'urane légèrement cuivreux) à 200^m de la route Châteldon-Lachaux près de l'embranchement de la route de Ris a donné les résultats suivants :

Date du prélèvement.	Condensateur n°.	Teneur en millimicrocuries par litre.
22 mai 1926	4	19,4
»	5	19,5

Conductivité électrique : $7,41 \times 10^{-5}$.

La teneur en émanation de cette source peu saline, donc superficielle, est relativement élevée.

Châteldon est situé sur le trajet de la grande faille de la Limagne qui fait buter la base du miocène inférieur contre les granites du Forez. Tout ce massif présente le granite sillonné de nombreux filons de microgranulite, de granulite et de quartz. Dans les deux sources les plus radioactives, les

eaux minérales s'échappent au contact des filons de granulite qui se trouvent dans le prolongement d'un filon de quartz figuré sur la carte géologique et d'une longueur de trois kilomètres. Il est naturel d'admettre que ce filon de quartz est la cause principale de l'alimentation des sources, les eaux étant dirigées ensuite à leur point d'émergence par les nombreuses diaclases des filons de granulite qui leur font suite. Des filons quartzeux de direction NNW-SSE ont été trouvés riches en chalcosine dont les cristaux sont logés dans les fentes du quartz, lequel était solidifié avant l'arrivée des eaux ou des vapeurs uranifères. On doit admettre que le filon quartzeux de la carte géologique renferme également des sels d'urane communiquant à l'eau des sources leur forte radioactivité.

Les recherches actuelles montrent le parallélisme certain des filons de quartz radifère dans deux massifs cristallins encadrant la Limagne, ce qui laisse supposer que l'élément radifère est plus répandu qu'on ne pensait *a priori*. L'étude systématique des sources que nous poursuivons depuis deux ans montrera les rapports existant entre la radioactivité des sources et la nature des terrains de leur bassin d'alimentation.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Mesures magnétiques dans le nord-est de la France.* Note de M. L. **Eblé**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Nous avons pu, au cours de l'été 1925, effectuer 41 séries de mesures magnétiques dans les départements de l'Aisne, des Ardennes et de la Marne qui se trouvent ainsi rattachés au levé magnétique général de la France. Le réseau de Moureaux comprenait 21 de ces points; les noms des stations nouvelles sont en *italiques* dans le tableau suivant qui comprend les valeurs des éléments magnétiques réduites au 1[er] janvier 1922.

Stations.	Départements.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
Braine..................	Aisne	11°.38′,7	64°.57′,0	0,19453	calme
Château-Thierry.........	»	11.39,1	64.41,8	0,19691	calme
Chauny..................	»	11.52,8	65. 6,7	0,19654	calme
Craonne.................	»	11.35,4	65. 1,2	0,19504	peu agitée
Fère-en-Tardenois......	»	11.34,4	64.49,4	0,19565	agitée, presque calme
Guise...................	»	11.42,6	65.17,7	0,19270	presque calme
Hirson..................	»	11.14,8	65.15,0	0,19348	calme
Laon....................	»	11.45,0	65. 8,3	0,19393	presque calme

Stations.	Départements.	D.	I.	H.	Situations magnétiques.
Nouvion-en-Thiérache (le).	»	11°.33′,3	65°.24′,7	0,19219	presque calme
Saint-Quentin	»	11.49,0	65.16,4	0,19267	presque calme
Soissons	»	11.42,0	64.59,5	0,19504	calme
Vervins	»	11.32,3	65.14,8	0,19313	presque calme
Villers-Cotterets	»	11.48,5	64.52,4	0,19542	presque calme
Asfeld	Ardennes	11.30,0	65. 2,1	0,19475	presque calme
Buzancy	»	11. 7,1	64.42,2	0,19705	presque calme
Carignan	»	10.56,9	65. 0,3	0,19518	presque calme
Charleville	»	11.18,2	65. 6,3	0,19325	calme
Chaumont-Porcien	»	11.21,6	65. 6,2	0,19423	presque calme
Fumay	»	11.21,8	65.22,6	0,19197	presque calme
Givet	»	11.12,7	65.22,1	0,19234	peu agitée
Launois	»	11.12,1	65. 1,3	0,19476	agitée
Mézières	»	11.13,0	65. 4,7	0,19390	presque calme
Rethel	»	11.20,1	64.59,3	0,19486	calme
Rocroi	»	11.21,1	65.26,4	0,19241	calme
Rumigny	»	11.18,3	65. 8,3	0,19405	peu agitée
Sedan	»	11.16,1	65. 9,7	0,19386	calme
Vouziers	»	11.14,0	64.51,0	0,19546	calme
Anglure	Marne	11.25,7	64.17,3	0,19947	agitée
Bétheniville	»	11.24,3	64.53,1	0,19575	peu agitée
Blesmes	»	11. 3,7	64.19,0	0,19879	presque calme
Châlons-sur-Marne	»	11.19,4	64.32,8	0,19777	presque calme
Dormans	»	11.32,2	64.42,6	0,19671	presque calme
Épernay	»	11.29,4	64.46,7	0,19631	calme
Fère-Champenoise (la)	»	11.26,5	64.25,1	0,19880	calme
Fismes	»	11.46,3	64.52,9	0,19522	peu agitée
Montmirail	»	11.28,8	64.34,7	0,19753	presque calme
Reims	»	11.28,4	64.57,8	0,19529	peu agitée
Sainte-Menehould	»	11. 9,9	64.37,9	0,19689	calme
Suippes	»	11.16,3	64.40,3	0,19679	calme
Vertus	»	11.32,3	65.14,8	0,19313	calme
Vitry-le-François	»	11.14,0	64.51,0	0,19546	calme

Les variations séculaires moyennes sont, pour chaque département :

Aisne......... $\Delta D = -3°.\ 0'$, $\Delta I = -0°.29'$, $\Delta H = +0{,}0012$
Ardennes...... $\Delta D = -2.59$, $\Delta I = -0.25$, $\Delta H = +0{,}0007$
Marne........ $\Delta D = -3.\ 1$, $\Delta I = -0{,}24$, $\Delta H = +0{,}0008$

Elles ne manifestent pas de discontinuités avec celles que nous avons obtenues précédemment dans les départements voisins.

Il a été souvent difficile de trouver de bons emplacements dans ces régions dévastées, et il est possible que nous n'ayons pas pu éviter quelques causes d'erreur : c'est ce qui s'est certainement produit à Chauny, où nous avons trouvé pour H une valeur trop élevée d'environ 0,00250.

BOTANIQUE. — *Sur les Cinchonées de l'Afrique tropicale.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. H. Lecomte.

On connaît actuellement en Afrique tropicale une vingtaine d'espèces de Rubiacées appartenant à la tribu des Cinchonées et se groupant en cinq genres. Certaines de ces plantes ont des écorces à saveur amère et astringente et sont usitées comme fébrifuges par les indigènes; d'autres renferment des alcaloïdes à propriétés spéciales.

Ces plantes vivent en trois zones climatiques différentes suivant les genres, qui sont ainsi localisés géographiquement.

Dans les domaines soudanais et guinéen, c'est-à-dire dans la zone des savanes arides et des forêts clairières, existe le genre *Crossopteryx* renfermant plusieurs espèces d'arbustes à écorce fébrifuge.

Le genre *Hymenodictyon* Wall. est spécial au domaine des montagnes tropicales. Une espèce, *H. Kurria* Hochst. à écorce fébrifuge, connue en Abyssinie, a été trouvée par nous de 600 à 1500^{m} d'altitude au Fouta-Djalon et dans la haute Côte d'Ivoire. Son écorce est employée par les Peuls.

Les trois genres qui suivent sont spéciaux à la grande forêt dense équatoriale. Notre classification diffère de celle de W. Brandt (*Archiv der Pharmazie*, 260, 1922, p. 49-94), surtout par l'adjonction du genre *Pseudocinchona*.

Corynanthe Welw. — Calice à 5 lobes lancéolés-subulés persistants. Corolle infundibuliforme, à tube droit, cylindrique, à limbe rotacé, 5-lobé, à lobes ovales subaigus, portant sur le dos, près de l'extrémité, 5 appendices (un par lobe) filiformes et élargis au sommet, dressés et divergents au-dessous du bouton. Étamines 5 exertes au moment de l'anthèse, à anthères oblongues obtuses. Style exsert à stigmate oblong, entier. Capsule loculicide.

Une seule espèce connue *C. paniculata* Welw. de l'Angola et du Mayombe belge, trouvée aussi dans le Kouilou français par M. H. Lecomte. L'écorce est amère, mais elle n'a pas été étudiée chimiquement.

C'est à tort que l'*Index Kewensis* (Supplément V) rattache à cette

espèce le *Pseudocinchona africana* de la Côte d'Ivoire. Tous les *Corynanthe* de Brandt, à l'exception de *C. paniculata*, sont des *Pseudocinchona*.

Pausinystalia Pierre ex Beille (1906). — Calice à 5 lobes lancéolés-subulés, persistants. Corolle urcéolée ou campanulée, à tube court ou nul, à limbe 5-lobé, à lobes courts, dressés, portant à leur extrémité de longs appendices filiformes subulés, libres et divergents au-dessus du bouton floral. Étamines 5, incluses, à anthères rostrées. Stigmate émarginé. Capsule septicide.

Dix espèces connues, vivant dans la grande forêt dense d'Afrique équatoriale, depuis Sierra-Leone jusqu'au Mayombe et du Gabon jusqu'à la région des Grands Lacs. Aucune n'existe dans la forêt de la Côte d'Ivoire. Une espèce le *P. Yohimbe* (K. Sch.) Pierre, qui contient dans son écorce un alcaloïde, la *yohimbine*, est connue au Cameroun et au Gabon; nous l'avons observée aussi dans des récoltes de M. Baudon provenant de la Sangha (Moyen Congo). Le *P. macroceras* Brandt (non Pierre) répandu au Cameroun et au Gabon est réputé par les indigènes comme ayant des propriétés somnifuges et aphrodisiaques. Le *P. gabonensis* A. Chev., des environs de Libreville, distinct par la forme de ses feuilles, aurait des propriétés analogues.

Pseudocinchona A. Chev. (1909). — Calice à tube surmonté de 4 petites dents arrondies charnues. Corolle infundibuliforme, à tube étroit et cylindrique à la base, urcéolé-subtétragone dans le bouton, avec 4 sillons; lobes 4, petits, deltoïdes, ascendants, terminés par 4 appendices courts, subsphériques, accolés dans le bouton et lui donnant ainsi une forme quadrangulaire. Étamines 4 à filets soudés dans leur longueur avec le tube de la corolle; anthères exsertes, hastées aiguës. Stigmate glanduleux, en massue, oblong, entier, exsert. Capsule loculicide.

L'espèce type est *P. africana* Chev. assez commune dans la forêt de la Côte d'Ivoire depuis la mer jusque dans l'hinterland de Libéria (Haut-Cavally et Haut-Sassandra). Feuilles à pétiole de 10 à 20^{mm} (et non 10 à 20^{cm} comme l'indique Perrot par suite d'un lapsus).

Tout près, s'en distinguant légèrement par les fleurs, se place *Pseudocinchona pachyceras* (K. Sch.) Chev. (= *Corynanthe pachyceras* K. Schum.) du Cameroun, retrouvé par M. Baudon dans la Sangha (Moyen Congo). Une troisième espèce est *P. Mobiusii* Chev. (= *Corynanthe Mobiusii* Brandt) également du Cameroun, remarquable par ses grandes feuilles et ses inflorescences latérales. Découverte par Zenker, elle a été trouvée par Fleury en 1917 au Cameroun, à 69^{km} de Douala.

Nous avons découvert le *P. africana* en 1906; on se sert des écorces contre le paludisme; les Baoulé du Nzi mâchent la même écorce quand ils

sont atteints de rhume. E. Perrot et E. Fourneau auxquels nous avions expédié des écorces de cette plante en ont retiré en 1909 un nouvel alcaloïde cristallisé auquel Fourneau a donné le nom de *Corynanthine*.

Les autres Cinchonées énumérées ci-dessus fournissent aussi des écorces fréquemment employées par les indigènes de nos possessions africaines pour divers usages et elles peuvent offrir de l'intérêt au point de vue économique ou thérapeutique.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la constitution du gynécée chez les Chrysobalanées*. Note de Mlle **G. Bonne**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

La position systématique des Chrysobalanées entre les Rosacées et les Légumineuses a été fortement contestée dans ces derniers temps. Hallier [1] les a rapprochées des Linacées, et plus récemment Juel [2] des Limnanthacées. Ce dernier se base principalement sur le fait qu'il a trouvé dans l'ovaire de *Parinarium curatellifolium*, deux loges stériles réduites à deux fentes, réunies en Y à la glande septale du carpelle fertile. De plus le mode de syncarpie dans cette espèce est centrifuge, tandis que dans toutes les Rosacées à carpelles multiples, la concrescence débute à la périphérie pour s'achever au centre (Cotoneaster, etc.), les styles restant les derniers à se souder (Quillajées).

Nos recherches viennent généraliser cette conception de la trimérie de l'ovaire, car nous avons retrouvé deux loges avortées à la base du style dans toutes les Chrysobalanées zygomorphes étudiées par nous (*Parinarium scabrum* Hassk; *Couepia grandiflora* Benth. et *C. ovatifolia* Benth.; *Hirtella hirsuta* Lam.; *Grangeria borbonica* Lam.). Dans *Parinarium scabrum* Hassk var. *lanceolatum* K et V, les fentes résiduelles existent mais ne communiquent ni entre elles ni avec la glande septale du carpelle fertile; cette disposition est intermédiaire entre celle des deux *Parinarium* qu'avait étudiés Juel. Dans *Couepia ovatifolia* B., nous avons même observé que l'un des carpelles supplémentaires était fertile; la loge, de taille réduite il est vrai, possédait deux placentas dont l'un portait un ovule anatrope à raphé très reconnaissable, l'autre un massif allongé peu différencié. Quant à la syncarpie, nous avons constamment observé aussi bien dans les espèces

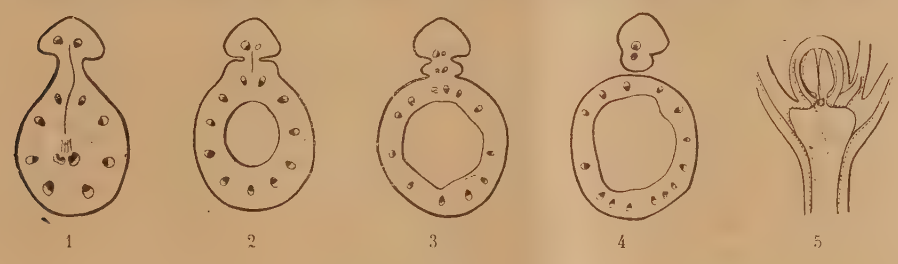
---

(1) Hallier, *in Mededeel. Rijks Herbarium*, Leiden, **19**, 1913, p. 53 et 63.

(2) Juel, *Ueber den Bau das Gynäceums bei Parinarium* (*Arkiv för Bot., K. Svenska Vetensk.*, **14**, 1915, p. 1 à 12).

précédentes que dans la suivante, qu'elle est centrifuge, et d'autant plus accentuée que les sections sont faites plus haut. Elle atteint son maximum dans la région du style; tandis qu'à leur base, les carpelles n'adhèrent que par leurs bords placentaires.

Le cas de *Chrysobalanus Içaco* L., la seule espèce actinomorphe que nous ayons pu étudier en détail, est différent des précédents. Le style de cette espèce ne présente à première vue sur sa face ventrale aucune saillie basilaire qui puisse révéler l'existence de carpelles supplémentaires. Coupé en travers dans la région la plus basse où il adhère au carpelle (*fig.* 1), sa section présente une figure subtriangulaire, nullement bilobée, rattachée au carpelle par un pédicule. La glande septale très développée, partant du fond de la loge fertile, traverse ce pédicule et vient se terminer au milieu de la protubérance entre deux faisceaux libéroligneux assez rapprochés que l'on pourrait prendre pour les faisceaux marginaux de la feuille carpellaire si la fente septale, au lieu de s'arrêter à leur niveau, se prolongeait jusqu'à la périphérie. Les sections transversales et longitudinales (*fig.* 5) nous montrent que ces faisceaux se détachent directement du plateau réceptaculaire, à distance respectable des traces du carpelle. Le vrai style apparaît plus haut sous forme d'un bourrelet intermédiaire (*fig.* 2 et 3); deux petits faisceaux détachés des traces carpellaires y pénètrent. Pour ces raisons, nous pensons que la protubérance de la base du style représente le rudiment d'un deuxième carpelle réduit à sa plus simple expression, c'est-à-dire à ses bords placentaires et à sa glande septale qui se place dans le prolongement de celle du carpelle fertile. Ce qui nous le prouve, c'est la façon dont le style se sépare et sa structure dans sa partie libre : à ce moment (*fig.* 4) le bourrelet intermédiaire se détache de l'ovaire pour ne plus faire corps qu'avec le reste de la colonne stylaire. Celle-ci ainsi libérée est constituée par deux moitiés inégales séparées de



Chrysobalanus Icaco L.

chaque côté par un sillon profond. Chacune de ces moitiés possède un petit faisceau libéroligneux produit par la coalescence des deux faisceaux marginaux de chaque carpelle. Plus haut, les deux sillons longitudinaux tendent à disparaître, la colonne s'arrondit et se termine par un stigmate discoïde dont la partie dorsale surélevée possède seule des papilles, tandis que la partie ventrale qui correspond au carpelle avorté est lisse et déprimée.

En résumé l'ovaire des *Chrysobalanées* ne peut plus être considéré comme simple, ainsi qu'on l'admettait jusqu'ici, mais comme originellement trimère. *Chrysobalanus* avec son gynécée dimère représente un type plus accentué de réduction que les autres *Chrysobalanées* étudiées dans ce travail. Comme ces dernières appartiennent toutes au groupe zygomorphe, que les plus extrêmes (*Parinarium* et *Couepia*) représentent les types de gynécée les moins réduits, peut-être devrait-on, à l'inverse de ce qui a été fait jusqu'ici, considérer dans cette famille la zygomorphie comme l'état primordial et rechercher de ce côté les affinités ancestrales. Les *Tropeolacées* ou plutôt quelque groupe disparu, à étamines subpérigynes qui aurait servi de souche commune à celles-ci ainsi qu'aux *Limnanthacées* n'auraient-elles pas pu engendrer les formes primitives des *Chrysobalanées* ? Cette hypothèse n'exclurait d'abord pas la possibilité d'une parenté plus récente avec les Rosacées, peut-être par les *Quillajées* (*Euphronia*?)

PHYSIOLOGIE. — *Métabolisme énergétique au cours du scorbut expérimental. Étude du quotient métabolique.* Note [1] de M. X. Chahovitch, présentée par M. Henneguy.

Le métabolisme énergétique du scorbut expérimental, exprimé par l'étude du quotient métabolique, pourrait nous renseigner sur certains points de la physiologie pathologique de cette avitaminose. Les perturbations fonctionnelles qui surviennent dans le scorbut expérimental sont la conséquence de troubles organiques profonds, qui retentissent sur la valeur du métabolisme énergétique, sur ses deux caractéristiques : le métabolisme de base et le métabolisme de sommet.

Des Cobayes, dont le métabolisme énergétique fut préalablement déterminé à l'état normal, étaient mis au régime à base de farine de haricots

---

[1] Séance du 25 mai 1926.

(Mme Randoin), qui par la suite m'a donné d'excellents résultats. Le métabolisme de base fut déterminé à la température de la neutralité thermique à différents moments de l'évolution de la maladie. Le métabolisme de sommet, déterminé à la température de l'eau glacée (1°-2°), fut étudié aux mêmes moments que le métabolisme de base. De leurs valeurs on déduit la valeur du quotient métabolique $\frac{\text{métabolisme de sommet}}{\text{métabolisme de base}}$ (J. Giaja), qui exprime le pouvoir d'accommodation de la thermogenèse.

Comme on peut le voir sur le tableau suivant, le métabolisme de base augmente de valeur au cours de l'évolution du scorbut. Cette augmentation peut atteindre la valeur de 100 pour 100. On voit que cette augmentation commence déjà quelques jours après le commencement de l'application du régime, atteignant la valeur la plus élevée les derniers jours de vie, malgré une diminution très marquée du poids des animaux. Il est à remarquer que la valeur du métabolisme de base des animaux normaux est très basse par rapport à d'autres espèces animales.

	Cobaye I.			*Cobaye II.*		
	Métabolisme		Quotient	Métabolisme		Quotient
	de sommet.	de base.	métabol.	de sommet.	de base.	métabol.
État normal........	11,90 [1]	3,23	3,68	10,58	2,94	3,60
6ème jour de régime.	13,27	3,62	3,66	11,76	4,06	2,90
11 » » .	12,05	4,41	2,70	11,41	5,09	2,20
16 » » .	12,98	4,60	2,80	11,27	4,26	2,60
22 » » .	10,58	5,43	1,94	10,00	5,34	1,87
24 » » .	"	5,04	"	"	4,21	"
26 » » .	12,78	5,48	2,33	10,87	4,90	2,22
27 » » .	"	5,88	"	"	5,73	"
29 » » .	"	6,32	"	"	5,92	"
30 » » .	10,92	6,37	1,70	6,12	4,80	1,27
31 » » .		mort		mort quelques heures après		

L'intensité du métabolisme de sommet varie peu. Au début il y a une tendance vers l'augmentation, comme on le constate au cours de l'inanition totale chez le Rat (J. Giaja et B. Males). Cette augmentation est très faible. Vers la fin de l'expérience il y a une légère diminution. Le quotient métabolique diminue de valeur. Cette diminution est assez prononcée et atteint le chiffre de 50 pour 100. Cette diminution du pouvoir d'accommo-

(1) Cal. par kilogramme-heure.

dation de la thermogenèse est la conséquence de l'augmentation du métabolisme de base.

Comment expliquer cette augmentation du métabolisme de base ? J. Giaja et moi avons montré que l'adrénaline injectée à des Rats détermine une diminution du quotient métabolique par augmentation très notable du métabolisme de base. Nous avons constaté aussi que les Rats décapsulés n'ont plus de pouvoir d'accommodation de la thermogenèse. Or il est connu que chez les Cobayes scorbutiques il existe une hypertrophie des capsules surrénales, constatée par tous les auteurs, de même qu'il y a augmentation du poids du corps thyroïde (Lopez Lomba et Randoin). Ces faits permettent de poser en hypothèse que l'augmentation du métabolisme basal dans le scorbut expérimental est due à l'hyperfonctionnement des capsules surrénales et du corps thyroïde.

En résumé : au cours du scorbut expérimental il y a une augmentation très grande de la valeur du métabolisme de base, tandis que la valeur du métabolisme de sommet varie peu. Il en résulte une diminution du pouvoir d'accommodation de la thermogenèse, exprimée par la valeur du quotient métabolique, qui passe de 3,6, valeur normale, à 1,7 environ.

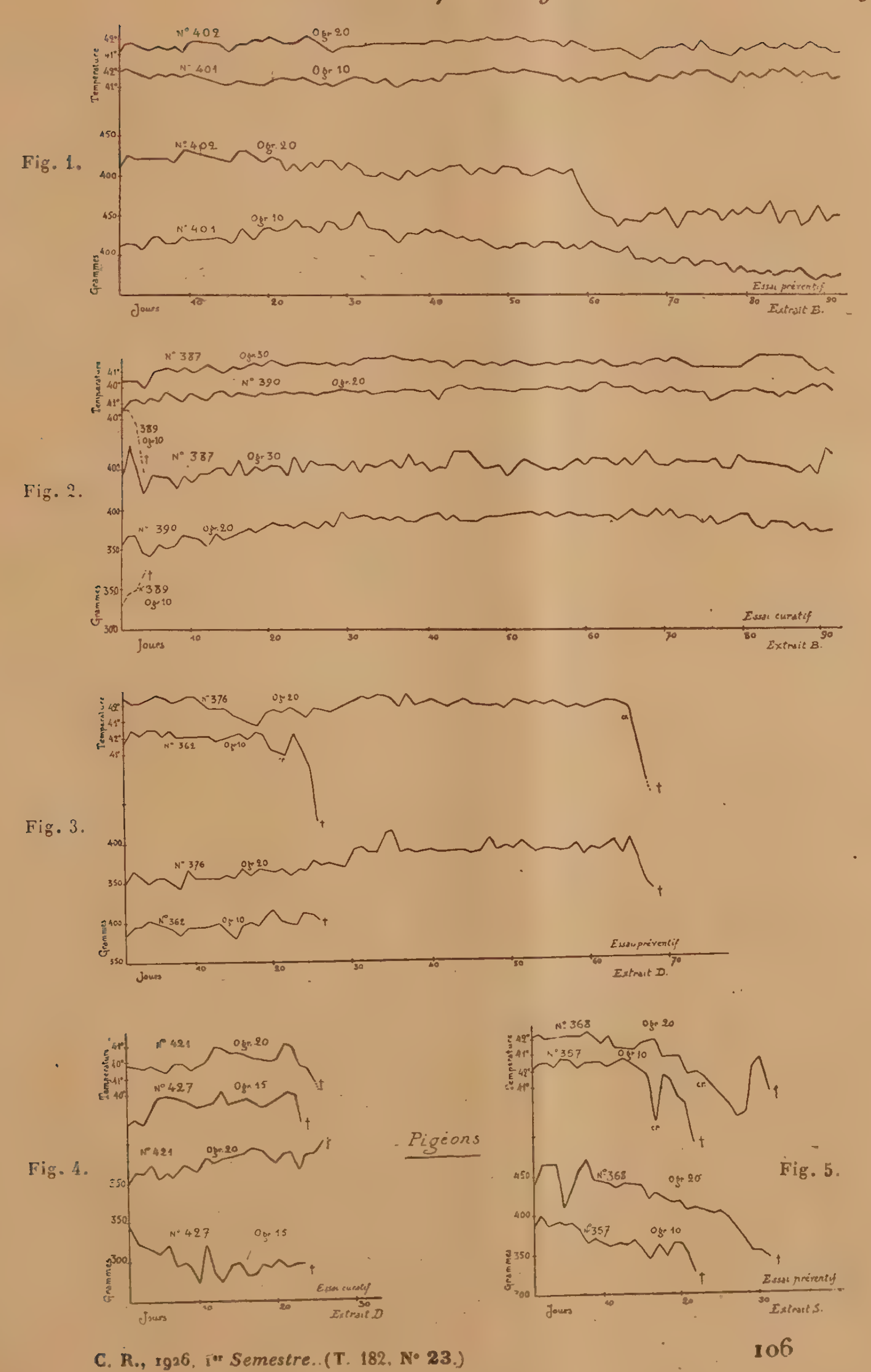
PHYSIOLOGIE. — *Inégalité de la teneur en vitamines hydro-solubles* (B) *d'extraits de levure d'origine différente.* Note de Mme **L. Randoin** et M. **R. Lecoq**, présentée par M. Pierre Viala.

On peut affirmer que l'unanimité des auteurs considère les levures et les extraits de levure comme des substances *exceptionnellement riches en vitamines* B. Nous mettons volontairement *vitamines* au pluriel afin de bien montrer qu'il s'agit à la fois du facteur d'entretien et du facteur antinévritique, désignés en général sous le nom unique de facteur B.

Nos recherches antérieures [1] nous ont conduits à faire l'analyse biologique d'extraits de levure (des *Saccharomyces*) d'origine différente : tout d'abord, celle d'un extrait de levure de bière (B) et celle d'un extrait de levure de distillerie (D), avec le Pigeon adulte comme réactif.

---

[1] Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 903 ; **178**, 1924, p. 963 ; **179**, 1924, p. 700 et 1219 ; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **6**, 1924, p. 601 ; **7**, 1925, p. 736. — R. Lecoq, *Facteur oxydant et nutrition des tuberculeux* (*Bull. Soc. Thérap.*, **31**, 1926, p. 84).


Fig. 1.
N° 402
0 gr 20
N° 401
0 gr 10
Température
Grammes
Jours
Essai préventif
Extrait B.
Fig. 2.
N° 387
0 gr 30
N° 390
0 gr 20
389
0 gr 10
Essai curatif
Extrait B.
Fig. 3.
N° 376
N° 362
Essai préventif
Extrait D.
Fig. 4.
N° 421
N° 427
0 gr 15
Essai curatif
Extrait D
Pigeons
Fig. 5.
N° 368
N° 357
Essai préventif
Extrait S.

Technique. — Les *extraits* B *et* D ont été préparés, à partir de levures fraîches, d'une manière identique : épuisements successifs à froid par l'alcool à 70°, concentration sous pression réduite à une température maxima de 50°. Des *extraits témoins* (S) furent privés de leurs vitamines par stérilisation, en milieu alcalin, à l'autoclave à 130°.

Nous avons employé le régime de L. Randoin et H. Simonnet, régime artificiel, uniquement privé des vitamines B, ayant la composition centésimale suivante : *caséine*, 8,5 ; *muscle*, 7,5 ; *graisse de beurre*, 4 ; *dextrine blonde*, 66 ; *papier filtre*, 2 ; *agar-agar*, 8 ; *mélange de sels*, 4.

Chaque jour, les Pigeons ont reçu, par gavage, avec leur extrait, 20g de ration, et leur température ainsi que leur poids ont été déterminés.

Nous avons fait nos recherches, comparativement, avec 5 lots d'animaux.

I. Essai préventif avec extrait B (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 1).
II. *Essai curatif avec extrait* B (0g,10, 0g,20 et 0g,30) (*fig.* 2).
III. Essai préventif avec extrait D (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 3).
IV. *Essai curatif avec extrait* D (0g,15 et 0g,20) (*fig.* 4).
V. Essais témoins avec extraits S (0g,10 et 0g,20) (*fig.* 5).

Résultats. — Les graphiques mettent en évidence nos principaux résultats.

Avec les *extraits* S, on obtient les courbes et les symptômes classiques caractéristiques de la polynévrite, ce qui prouve que ces extraits ne renferment aucune des vitamines B.

Avec l'*extrait* B, une dose préventive de 0g,10 conserve l'animal en état normal et une dose curative de 0g,20, donnée après la première crise (*début du graphique*), assure la guérison, puis l'entretien du sujet.

Avec l'*extrait* D, donné à titre préventif, l'animal conserve son poids d'autant plus longtemps que la dose fournie est plus forte, mais la mort survient brusquement par crise de polynévrite. Donné à titre curatif (*début du graphique*) et à la dose de 0g,20, il permet une certaine reprise de poids, mais, comme précédemment, l'issue fatale se produit brusquement.

Conclusions. — I. *Les divers extraits de levure n'ont nullement la même valeur biologique en tant que sources de vitamines hydro-solubles* B. — II. Certains d'entre eux (extrait B) assurent l'entretien du Pigeon en même temps qu'ils préviennent et guérissent les crises de polynévrite. — III. D'autres (extrait D) se comportent comme s'ils étaient capables de permettre l'entretien du Pigeon, mais incapables d'empêcher l'éclosion des crises. Incontestablement, ils sont très inférieurs aux précédents. — IV. L'extrait de levure de bière contiendrait à la fois deux facteurs : l'un assurant l'entretien de l'organisme ; l'autre, essentiellement curatif de la polynévrite. L'extrait de levure de distillerie renfermerait seulement le premier facteur. — V. Ces recherches montrent le rôle primordial de la méthode biologique dans l'analyse des produits à base de levure.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur l'oxydation de l'acide pyruvique par les ions cériques.* Note [1] de M. Claude Fromageot, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré [2] avec Victor Henri que l'acide pyruvique, en solution aqueuse était susceptible d'exister sous les deux formes tautomères éno et céto. J'ai, en outre, montré récemment [3] que l'acide pyruvique était oxydé par les ions cériques en solution acide. Étant donné que chez les organismes vivants, on a les conditions optima (solutions très diluées et à un pH voisin de 7) pour avoir les deux formes tautomères, j'ai été amené à envisager les questions suivantes : 1° Y a-t-il une différence dans les vitesses d'oxydation de chacune des deux formes? 2° La quantité d'oxygène utilisé et les produits d'oxydation sont-ils les mêmes?

L'étude spectrographique m'avait montré que dans certaines conditions définies, on peut avoir une solution aqueuse d'acide pyruvique ne contenant qu'une fraction négligeable de forme énolique; c'est ce qui est réalisé dans une solution 0,1 M. de pH 1,7 (acide seul); et, d'autre part, une solution renfermant une proportion importante de forme éno, c'est ce qui est réalisé dans une solution 0,1 M. de pH 11,8 (additionnée de NaOH).

J'ai comparé l'oxydation, par les ions cériques, d'acide pyruvique sous la forme cétonique pratiquement pure, et d'acide pyruvique sous la forme cétonique en présence de forme énolique. Le système oxydo-réducteur formé par les ions cériques a été décrit précédemment [3]. Il y a 2.10^{-4} ion cérique en présence de 5.10^{-5} molécule d'acide pyruvique. L'expérience consiste à déterminer la vitesse d'oxydation en suivant la baisse du potentiel d'oxydation du système en fonction du temps, dès l'introduction de l'acide pyruvique. La température est de 20°.

Les courbes ci-après représentent le potentiel d'oxydation du système cérique/céreux en fonction du temps; la flèche indique le moment de l'introduction de l'acide pyruvique, la pente correspond à la vitesse d'oxydation, et la hauteur de chute est fonction de la proportion d'oxygène utilisé par l'acide pyruvique pour s'oxyder.

---

(1) Séance du 31 mai 1926.

(2) *Bull. Soc. chim.*, **37**, 1925, p. 845.

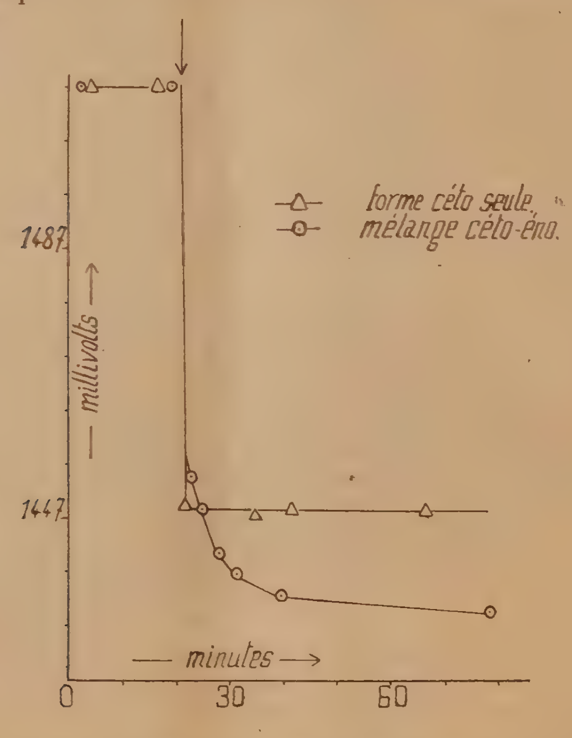
(3) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1240.

L'examen des courbes montre que dans les conditions expérimentales où je me suis placé :

1° La solution renfermant la forme énolique se comporte différemment de celle ne renfermant que la forme cétonique;

2° La forme énolique prend plus d'oxygène que la forme cétonique;

3° L'oxydation de la forme énolique est moins rapide que celle de la forme cétonique.



L'existence d'une différence de vitesse dans l'oxydation des deux formes permet le calcul de la proportion de chacune des deux formes dans la solution 0,01 M. En effet l'oxydation de la forme cétonique étant très brusque et celle de la forme énolique plus lente, la courbe représentant l'oxydation du mélange céto-éno présente un angle qui se produit pour un potentiel d'autant moins bas que la proportion de forme énolique est plus élevée. Par un procédé qui sera publié plus tard, on peut transformer les valeurs mesurées en millivolts en nombres d'atomes d'oxygène utilisés. Il en résulte que, comme on connaît d'une part la chute de potentiel dans le cas

où l'on n'a affaire qu'à la forme céto pure, et que, d'autre part, on connaît la quantité d'acide pyruvique en jeu, on peut calculer, d'après la situation de l'angle sur la courbe, la proportion de forme éno présente dans la solution. On trouve ainsi qu'il y a 20 pour 100 de forme éno dans la solution 0,1 M. d'acide pyruvique, additionnée de NaOH et de pH 11,8.

En ce qui concerne la forme céto dont l'oxydation est assez brusque pour que l'on ne soit pas gêné par l'établissement d'un équilibre céto-éno, j'ai pu constater, par dosage du CO^2 produit, que l'oxydation de cette forme se fait suivant la réaction

$$CH^3COCOOH + O \rightarrow CH^3COOH + CO^2.$$

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action de la solution de chlorhydrate basique de quinine et d'uréthane sur le sang.* Note de M. **Raymond Petit**, présentée par M. H. Vincent.

Lorsqu'on mélange une solution de chlorhydrate basique de quinine et d'uréthane avec du sang total, du sang rendu incoagu'able (par le citrate de soude à $\frac{3}{1000}$, par l'oxalate de chaux à $\frac{1}{1000}$, ou par l'hirudine), du sang défibriné, des globules rouges lavés, des globules lavés et hémolysés, lavés et chauffés à 56°, lavés, hémolysés et chauffés à 56°, ou avec du sérum de ces divers sangs, on observe les phénomènes suivants :

J'ai employé la formule de l'armée dont le pH est 8,1 ; le pH du sang étant 7,4.

I. Lorsqu'on ajoute la solution dans un tube à essai soit à du sang total, soit à du sang rendu incoagulable, soit à du sang défibriné, soit à des globules lavés à la machine centrifuge et additionnés de sérum physiologique, en quantité suffisante pour retrouver à peu près le degré de fluidité du sang, on obtient constamment le résultat suivant, aussi bien avec le sang humain qu'avec le sang de cheval ou celui de mouton :

a. Le sang prend une coloration brun marron, puis grise;

b. Le sang s'épaissit rapidement et *se prend en masse, en une pâte épaisse*, assez solide pour que le tube puisse être retourné sens dessus-dessous sans que rien ne s'écoule. Aucun liquide ne surnage. Cette modification se produit dans le même temps que la coagulation d'un tube de sang pur, témoin, souvent même beaucoup plus rapidement.

II. La solution de quinine et d'uréthane mélangée au sang défibriné hémolysé, défibriné et chauffé 30 minutes à 56°, ou défibriné, hémolysé

et chauffé 30 minutes à 56°, produit le même effet que ci-dessus (coloration marron, solidification), mais d'une façon plus lente, surtout dans le dernier cas. Il en est de même avec les globules rouges lavés.

III. *Détermination de la quantité minima de solution capable de solidifier le sang.* — En procédant par séries, nous avons vu que 1^{cm^3} de sang défibriné ou non était solidifié par $\frac{2}{10}$ de centimètre cube de solution. Avec $\frac{1}{10}$ de centimètre cube, il n'y a plus de solidification.

IV. *Rôle de la quinine. Rôle de l'uréthane.* — La solution de chlorhydrate basique de quinine seule, ajoutée au sang total, au sang incoagulable, au sang défibriné, aux globules rouges lavés, hémolysés, chauffés, ou hémolysés et chauffés, hémolyse sans solidification, ni coloration brune.

La solution d'uréthane seule est inactive.

Si l'on ajoute l'uréthane au sang qui a reçu la quinine, ou la quinine au sang qui a reçu l'uréthane, on observe seulement une hémolyse lente et un peu d'épaississement après 24 heures. Il n'y a ni coloration brune, ni solidification. L'action est donc due au mélange de deux substances dans le sérum artificiel, mélange qui doit donner un chlorhydrate double. D'ailleurs, en répétant l'expérience avec une solution de chlorhydrate double de quinine basique et d'urée ($0^{cg},60$ pour 3^{cm^3} d'eau physiologique), on obtient les mêmes résultats qu'avec la solution de quinine et uréthane.

V. *Nature de la solidification du sang par la solution de quinine et d'uréthane.* — Il ne s'agit pas d'une coagulation fibrineuse, car il n'y a ni caillot rétractile, ni expulsion de sérum; d'ailleurs le phénomène se produit avec du sang incoagulable, avec du sang défibriné, même avec des globules lavés. Ce n'est pas non plus une précipitation puisque tout est pris en masse. Il s'agirait plutôt d'une *gélification* du sang. Le gel peut être redissous dans l'eau physiologique ou dans l'eau distillée. Si l'on filtre la solution ainsi obtenue, le poids du résidu sur le filtre n'atteint pas $0^{cg},40$ pour 10^{g} de sang.

En partant du sang total, traité par la solution de quinine et uréthane et redissous, on a, après filtration, une liqueur limpide, carmin foncé, coagulable par la chaleur. Saturée de chlorure de sodium, cette liqueur donne un précipité de fibrinogène qui manque naturellement si l'on part du sang défibriné. En filtrant de nouveau, on a une liqueur limpide de même coloration. Sa saturation, par le sulfate de magnésie, précipite les globulines.

Après une nouvelle filtration, on obtient une liqueur de couleur semblable; acidifiée franchement par l'acide acétique, elle donne un précipité d'albumine qui emprisonne l'élément colorant. La filtration laisse alors un

liquide clair que ne troublent ni l'ébullition ni les acides. Ces précipités de globulines et d'albumine sont obtenus, même avec des globules rouges lavés.

VI. *Examen microscopique de l'action de la solution de quinine et urethane sur les globules rouges lavés ou non.* — Des préparations de globules rouges entre lames et lamelles sont placées sous le microscope. On fait pénétrer une trace de solution de quinine et uréthane, par capillarité. Les globules sont d'abord refoulés, puis à mesure qu'ils descendent dans la solution, on voit apparaître de fines granulations réfringentes, et les globules rouges sont homolysés en 50 secondes. En procédant de même avec le chlorhydrate basique de quinine, sans uréthane, l'hémolyse est plus lente (5 minutes), et l'on ne voit pas de granulations réfringentes.

Par addition d'uréthane seule, on ne constate qu'une hémolyse lente.

En répétant l'expérience à l'ultra-microscope, on voit apparaître de très nombreuses granulations réfringentes animées de mouvements browniens. Les globules rouges deviennent muriformes, leur contour est marqué par un collier de granulations. D'autres granulations semblent siéger dans le globule même. On trouve des débris de globules rouges éclatés, et il semble y avoir une hypertrophie des noyaux de globules blancs. Peu à peu les granulations libres tendent à s'agglutiner.

VII. *Action de la solution de quinine et uréthane sur le plasma ou le sérum.* — Le plasma du sang incoagulable, ou le sérum du sang défibriné, défibriné et chauffé, défibriné et hémolysé, ou défibriné, hémolysé et chauffé, additionné de la solution de quinine et uréthane, donne un abondant précipité blanchâtre, pâteux, qui dépose et est surmonté de liquide clair.

VIII. *Examen spectroscopique.* — Le sang, solidifié par la solution de quinine et uréthane, examiné au spectroscope, montre entre D et E les deux bandes d'absorption de l'hémoglobine. Si l'on dissout le sang solidifié dans l'eau distillée ou le sérum physiologique et qu'on filtre, le liquide carmin que l'on obtient donne le même spectre de l'hémoglobine. Si l'on ajoute à cette liqueur une nouvelle dose de quinine et uréthane, une coloration lie-de-vin tirant au brun apparaît, mais le spectre ne change pas. Le liquide ainsi traité s'épaissit, sans se solidifier complètement. Un peu de liquide clair surnage. La présence du stroma globulaire joue donc un rôle dans la solidification, ou *gélification* du sang.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Études des huiles extraites de la tête d'un Dauphin* (Delphinus Delphis *Lin.*). Note de M. **Henri Marcelet**, présentée par M. C. Matignon.

La dissection de la tête d'un Dauphin (*Delphinus Delphis* Lin.) capturé en mars dernier dans la baie des Anges, à Nice, a fourni trois sortes de graisses de compositions très différentes, bien que les points de prélèvements soient très rapprochés :

1° Graisse retirée des glandes se trouvant à la jointure des maxillaires (dénommée : maxillaire);

2° Graisse retirée de la masse adipeuse se trouvant entre la mâchoire supérieure et l'évent (dénommée : nez);

3° Graisse retirée du lard entourant le crâne (dénommée : tête).

Les résultats analytiques déjà publiés ne précisent généralement pas l'origine et le point de prélèvement du corps gras étudié sous la dénomination « Huile de tête de Dauphin »; cette Note a pour but de montrer les erreurs que cette imprécision peut entraîner à commettre.

Propriétés physiques.

	Maxillaire.	Nez.	Tête.
Couleur	jaune très pâle	jaune	jaune
Aspect	limpide	limpide	léger dépôt de stéarine
Densité à 15°	0,9206	0,9308	0,9330
Indice de réfraction à 17°	1,4548	1,4640	1,4790
Déviation à l'oléoréfractomètre à 22°	−77	−60	+18,5
Point de congélation (commencem^t de trouble)	— 5°	—12°	— 8°
Déviation polarimétrique (200^{mm})	+ 0,10	+ 0,07	+ 0,33
Solubilité dans l'alcool absolu à froid pour 100	S. T. P.	28,12	3,65
Température critique de dissolution dans l'alcool absolu	S. T. P.	24°,5	59°,5
Température critique de dissolution dans l'alcool à 90°. Indice de Crismer	88°,5	106°,5	135°,0

Propriétés chimiques.

	Maxillaire.	Nez.	Tête.
Acidité exprimée en acide oléique pour 100	0,05	0,08	0,07
Indice de saponification	267	259	212
» d'iode (Vijs)	17	56	133

	Maxillaire.	Nez.	Tête.
Indice de Hehner	66,4	70,8	86,1
» d'acétyle	0	0	0
Acides solubles totaux exprimés en acide butyrique pour 100	22,61	16,75	6,81
» solubles totaux exprimés en acide phocénique pour 100	26,21	19,42	7,89
» solubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en cm³ de NaOH N/10 pour 5g d'huile	132,1	101,2	35,6
» solubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en indice de Reichert	145,3	111,3	39,1
» solubles entraînables par la vapeur d'eau expr. en acide phocénique pour 100	29,94	22,64	7,26
» insolubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en cm³ de NaOH N/10 pour 5g d'huile	1,6	5,6	3,1
» insolubles entraînables par la vapeur d'eau exprimée en indice de Reichert	1,7	6,1	3,4
Insaponifiable pour 100	16,30	6,07	1,77
Point de fusion de l'insaponifiable	25°,5	22°,5	inf. à 15°
Indice d'iode (Vijs) de l'insaponifiable	11	47	62
Indice de Hehner moins insaponifiable	50,1	64,8	84,4
Acides gras concrets pour 100	30,82	19,28	10,08
Acides gras fluides pour 100	18,70	43,17	74,04
Somme acides concrets + acides fluides	49,52	63,45	84,02
Point de fusion des acides concrets	37°	33°,5	*a.* 51°,2 ; *b.* 47°,2
Indice d'iode (Vijs) des acides concrets	6	20	*a.* 2
» des acides fluides	163	155	71
Indice de réfraction des acides fluides à 18°	1,4511	1,4569	1,4722
Point de congélation (trouble) des acides fluides	15°	15°	inf. à 0°
Point de congélation (état pâteux) des acides fluides	+ 4°	+ 4°	"

Le simple examen de ces résultats montre les différences considérables qui existent entre ces trois huiles et les erreurs qu'une dénomination incomplète peut faire commettre.

Les quelques essais effectués sur les acides gras et sur l'insaponifiable laissent entrevoir l'intérêt de leur étude, qui a dû être interrompue momentanément par suite des difficultés de se procurer les matériaux nécessaires.

EMBRYOGÉNIE. — *Influence de la dilution du sperme sur la durée de survie des spermatozoïdes de la Grenouille rousse* (Rana fusca) *dans les milieux aqueux ou salés.* Note de M. H. Barthélemy, présentée par M. Henneguy.

Les auteurs ont dressé une gamme de sels activant ou paralysant l'activité des spermatozoïdes. Le problème posé est différent. Dans un liquide donné : eau ou solution aqueuse salée, la concentration en éléments ♂ a-t-elle une influence sur leur durée de survie et par là même sur leur pouvoir fécondant ?

Les essais ont porté sur l'eau distillée, l'eau ordinaire et sur des solutions de NaCl à doses variables dans l'eau distillée ou l'eau ordinaire.

Technique : Les testicules broyés et le contenu des vésicules séminales de plusieurs Grenouilles sont mélangés à très peu d'eau ordinaire. Une quantité connue de cette liqueur initiale décantée est ajoutée à des volumes déterminés d'eau ordinaire ou distillée ou renfermant du NaCl. Après des temps variables, des œufs d'une même ♀ sont fécondés avec ces différents spermes.

Résultats : Je ne signalerai que quelques-unes des nombreuses expériences concordantes réalisées.

Expérience I. — Le broyage des testicules et le contenu des vésicules séminales de 15 ♂ sont mélangés à 200^{cm^3} d'eau ordinaire ; c'est la liqueur initiale L. I. qui décantée est ajoutée à 400^{cm^3} de chacun des liquides suivants :

	Pourcentage de stades II pour les fécondations effectuées après		
Liquides spermatiques.	3 h. 05.	7 h. 40.	11 h. 30.
L. I. pure	100	100	100
Eau ordinaire + 50^{cm^3} L. I.	75 à 80	20 à 25	5
» + 5^{cm^3} L. I.	1	0	
Eau ordinaire et NaCl à 1,5/1000, + 50^{cm^3} L. I.	100	75 à 80	20 à 25
» » + 5^{cm^3} L. I.	100	3	
» à 2,5/1000, + 50^{cm^3} L. I.	presque 100	70 à 75	5 à 6
» » + 5^{cm^3} L. I.	même pas 50	0	

Pour les dilutions de sperme dans l'eau distillée pure ou additionnée de NaCl à 1,5 pour 1000 les résultats sont aussi significatifs, avec cette particularité que les spermatozoïdes conservent peu de temps leur vitalité dans l'eau distillée seule.

On sait que l'eau renfermant 3,5 pour 1000 et plus de NaCl inhibe les spermato-

zoïdes qui reprennent leur mobilité par dilution aqueuse. La concentration en sperme et la forte salinité du milieu ont-elles une influence sur la conservation de la vie des éléments ♂ ?

Les expériences ont porté sur du sperme en suspension et sur des fragments de testicules dans les différents liquides.

Expérience II. — Les testicules broyés et les vésicules séminales de 5 ♂ mélangés à 50^{cm^3} d'eau ordinaire, après décantation (liqueur initiale L. I) sont répartis dans les différents liquides.

Liquides spermatiques.	Pourcentage de stades II pour les fécondations effectuées après 10 minutes (¹).	7 h. 40 (²).	22 h. 30.
L. I. pure	100	100	15 à 20
Eau ordinaire, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	100	4	0
» $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	100	1	0
Eau distillée et NaCl à 1,5/1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	100	100	95
» à 1,5/1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	100	100	95
» à 7 / 1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	+ de 50	0	″
» à 7 / 1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	25 à 30	0	″
» à 15/1000, $5^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	20	0	″
» à 15/1000, $10^{cm^3} + 3^{cm^3}$ L. I.	6	0	″

Les œufs imprégnés avec le sperme au NaCl 7 et 15 pour 1000 sont en retard. Ils n'ont été fécondés qu'au retour à l'eau.

Expérience III. — Après 15 heures de séjour dans l'eau distillée contenant 7 ou 15 pour 1000 de NaCl, des fragments de testicules broyés ensuite à l'eau ne donnent plus qu'un faible pourcentage de segmentations (7 à 9 pour 1000) alors que des fragments des mêmes organes conservés dans l'eau ordinaire 21 heures et même 24 heures, puis broyés dans l'eau, fécondent à peu près tous les œufs.

Conclusions. — 1° Quel que soit le liquide employé (eau distillée, eau ordinaire seule ou renfermant du NaCl), la durée de survie des spermatozoïdes est d'autant plus longue que le sperme est plus concentré en éléments ♂. Cette longévité s'accentue encore pour des fragments de testicules.

2° Dans les solutions aqueuses renfermant 7 pour 1000 et plus de NaCl, le sperme se conserve moins longtemps que dans l'eau légèrement salée par 1,5 pour 1000 ou 2 pour 1000 de NaCl et même que dans l'eau ordinaire seule.

3° C'est un non-sens de conserver le sperme dans une solution isotonique

(¹) Eau du robinet ajoutée aux œufs 2 heures après imprégnation.

(²) Eau du robinet ajoutée aux œufs 40 minutes après imprégnation.

(7 pour 1000 de NaCl) au milieu intérieur de la Grenouille. Quand on parle de la longévité des éléments sexuels ♂, il est indispensable de préciser auparavant l'état du sperme (en suspension ou fragments d'organes génitaux) et les concentrations spermatiques et salines.

4° La polyspermie est fréquente dans les cultures fécondées avec des spermatozoïdes à la limite de vie.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'altération des micelles du caséinate dans le complexe caséinate de chaux + phosphate de chaux, ses conséquences dans l'action de la présure sur ce complexe.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. L. Lindet.

Quand on chauffe à une température élevée le complexe *caséinate de chaux + phosphate de chaux* de réaction $pH < 7$ (¹), on sait que sa difficulté ou son impossibilité à coaguler sous l'action de la présure est le fait d'une altération des micelles phosphatiques. Mais comme le complexe résulte de l'association de deux édifices colloïdaux qui jouent chacun leur rôle dans la coagulation, il importe de voir, cette fois, le retentissement de l'altération des micelles du caséinate sur cette dernière.

Il est clair, en effet, que si nous laissons intacts les micelles phosphatiques et que nous ne lésons que les micelles du caséinate, le trouble apporté au complexe dans sa façon de se comporter vis-à-vis de la présure relèvera cette fois uniquement de l'altération subie par le caséinate. Deux moyens s'offrent à nous pour le montrer :

1° *Action de la chaleur sur les caséinates alcalins, puis charge de ceux-ci, à la température ordinaire, en phosphate de chaux.* — Quand un caséinate est nettement alcalin ($pH > 9$), l'action de la chaleur l'altère d'autant plus que la réaction est plus franchement alcaline, que le chauffage a duré plus longtemps : il se détache de l'acide phosphorique de la molécule protéique.

Des portions égales d'un caséinate ($pH = 9,76$) sont chauffées 30 minutes à 40°, 65°, 80° et 100°, puis elles sont chargées en phosphate de chaux à la température ordinaire, par addition d'acide phosphorique, et soumises ensuite à l'action de la présure. Voici les résultats obtenus :

(¹) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1247.

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	7,13	5m 10s	ferme
Caséinate préalablement chauffé à 40°	7,13	5.10	id.
» 65°	7,13	5.10	id.
» 80°	6,97	7.50	moins ferme
» 100°	6,94	12	mou

Ici, c'est bien l'altération des micelles du caséinate calcique qui retentit sur le temps de prise et la diminution de la consistance du caillé.

2° *Action du formol sur le complexe.* — Quand on ajoute peu de formol au complexe, on ne nuit guère à sa coagulation par la présure; mais il n'en est plus de même si la proportion du formol ajoutée est grande. Des portions égales d'un complexe (pH = 6,78), formolé à raison de trente gouttes par litre, sont chauffés 30 minutes respectivement à 60°, 80°, 100° et à l'autoclave à 125°.

Après chauffage, on refroidit à 40° et l'on emprésure :

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,78	3m 45s	ferme
Chauffé à 60°	6,66	30	très mou
» 80°	6,62	ne coagule pas	
» 100°	6,61	id.	
» 125°	6,59	id.	

Toutefois, comme le chauffage à 100° et *a fortiori* à 125° n'a pas manqué d'altérer également les micelles phosphatiques, il importe de séparer ce qui revient à ces derniers de ce qui dépend des micelles de caséinate. On y arrivera de deux façons différentes : *a.* en rechargeant le *complexe formolé et chauffé* en phosphate de chaux *neuf; b.* en effectuant la charge phosphatique après chauffage d'un *caséinate formolé* voisin de la neutralité.

Voici ce que donne la première manière :

Complexes.	pH.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
Témoin	6,78	6m 30s	ferme
Chauffé à 60°	6,78	9.15	mou
» 80°	6,78	ne coagule pas	
» 100°	6,78	»	
» 125°	6,78	»	

Voici ce que donne la seconde, avec un caséinate témoin (pH = 7,50) :

Nombre de gouttes de formol.	pH. Avant le chauffage.	pH. Après le chauffage.	Temps de prise.	Aspect des caillés.
10	7,27	7,11	2^m	ferme
30	6,78	6,70	ne coagule pas	
50	6,69	6,61	id.	
Témoin	7,50	7,50	60^s	ferme

Cette dernière expérience témoigne indiscutablement d'une altération des micelles de caséinate, ceux du phosphate n'ayant pas été exposés à être lésés.

On peut admettre que le formol en bloquant certaines fonctions de la caséine, justement aux points où l'action protéolytique nécessaire doit s'exercer, entrave celle-ci et rend impossible la formation du caillé.

Si nous plaçons à côté des résultats relevés dans cette Note, ceux qui ont été signalés dans la précédente (*loc. cit.*), on voit qu'il nous a été possible, en ayant recours à des moyens différents, d'atteindre tantôt les micelles phosphatiques, tantôt les micelles de caséinate. Évidemment ceux-là restent la cause déterminante de la coagulation du complexe par la présure, mais encore faut-il que ceux-ci, qu'ils doivent entraîner lors de leur propre précipitation, puissent être intacts.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un procédé permettant d'arrêter à volonté les fermentations, notamment celles des liquides sucrés et alcooliques et de les rendre infermentescibles.* Note de M. **Boulard**, présentée par M. Lindet.

Pour arrêter les fermentations on dispose de deux moyens : d'une part la stérilisation et d'autre part l'emploi de produits chimiques ou antiseptiques. L'emploi des antiseptiques présente des inconvénients nombreux et même des dangers pour la santé publique, notamment lorsqu'il s'agit de boissons fermentées. Quant à la stérilisation elle n'enlève nullement aux liquides la faculté de fermenter de nouveau lorsqu'ils sont réensemencés. Parallèlement à l'emploi des antiseptiques et à la stérilisation, de nombreux auteurs ont étudié l'immunisation et la *vaccination* des milieux de culture ainsi que la préparation de liquides immunisants, travaux qui ont été résumés dans les *Annales de la brasserie et de la distillerie* par MM. Berdnikow et Andrejew, fascicule du 25 octobre 1924, p. 85. Les expériences et les résultats cités conduisent à cette conclusion qu'une seconde culture

microbienne ne se développe pas dans un bouillon ayant servi une première fois à cultiver le même ferment. Tel est le cas par exemple pour la bactérie du choléra des poules (Pasteur), pour la levure (Berdnikow et Andrejew) et pour le streptocoque (Berdnikow, *Immunisation locale*, Masson et Cie, Paris, p. 85). Il était d'ailleurs présumable que lorsque les transformations susceptibles d'être opérées par un ferment dans un milieu de culture sont achevées, il n'est plus possible de les provoquer de nouveau sous l'action du même ferment. On obtient ainsi des liquides ou solutions *vaccinés* ou immunisés qui ont été également dénommés antivirus, autotoxines etc. Par contre aucune méthode permettant d'arrêter en pleine marche une fermentation à un moment déterminé, celle d'un vin par exemple, n'a été indiquée, et MM. Berdnikow et Andrejew notent que « malgré les nombreux travaux effectués par des méthodes diverses, le problème n'a pas été résolu ».

Le procédé ci-dessous indiqué permet d'obtenir ce résultat :

Avec un liquide tel qu'un moût de vin par exemple dosant 250g de sucre par litre on détermine une première fermentation par la méthode habituelle avec une ou plusieurs levures. Lorsque la fermentation est bien déclarée et que 20 ou 30g de sucre ont été transformés en alcool on chauffe le liquide pendant une heure environ à une température supérieure de quelques degrés seulement à la température mortelle de la levure ou des levures qui se trouvent dans ce vin. En règle générale il suffit d'atteindre 45° C. Le liquide est ensuite refroidi puis ramené à la température optima de fermentation; il est une fois encore ensemencé avec les mêmes levures puis lorsque la fermentation est de nouveau nettement déclarée, on le chauffe une seconde fois comme il a été précédemment indiqué.

Il suffit en général de trois opérations de ce genre pour arrêter toute fermentation et pour rendre le liquide infermentescible, même après addition d'une quantité importante de levure et alors que la dose de sucres non fermentés est encore supérieure à 150g par litre.

En opérant sur des ballons contenant 500cm³, d'un moût très favorable au développement des levures, on obtient le même résultat après trois traitements successifs et même si l'on emploie des doses énormes et croissantes de levure, soit par exemple 20g de levure pressée pour le premier ensemencement, 40g pour le second, 60g pour le troisième et 80 pour le quatrième.

Ce procédé est facilement applicable industriellement. Il permet de conserver des vins et des cidres aussi sucrés qu'on le désire sans risque de fermentation alcoolique ultérieure ; de plus les précipitations successives de levure agissent comme des collages et il en résulte que les liquides obtenus sont remarquablement clairs.

Une série d'expériences a montré que le phénomène n'est nullement limité aux levures et qu'il semble au contraire général. Autrement dit on peut par cette méthode vacciner des liquides quelconques avant leur complète transformation et prévenir leur envahissement ultérieur par un ferment déterminé. Les liquides vaccinés préparés par une seule fermentation complète possèdent en quelque sorte des propriétés négatives, tandis que ceux préparés par la méthode qui vient d'être indiquée (fermentations successives du même milieu) ont au contraire des propriétés actives, puisque la transformation du milieu est rendue impossible bien avant qu'elle ne soit terminée. Du reste, si comme cela paraît démontré, l'arrêt des fermentations provient, tout au moins en partie, des toxines sécrétées par les microbes, il est certain que le liquide dans lequel trois ou quatre générations successives de ferments auront vécu sera plus actif que celui qui aura subi seulement l'action d'une seule culture. On conçoit donc qu'avec des liquides vaccinés de cette façon, c'est-à-dire préparés comme il a été indiqué, on puisse rendre très précaires les conditions de vie de certains bacilles, tels que le gonocoque, le bacille d'Eberth, les streptocoques, etc.

Il semble, d'après les expériences faites par l'auteur, que l'arrêt des fermentations, obtenu comme il a été indiqué plus haut, soit dû à au moins deux causes, dont l'une serait l'accumulation des toxines résultant de la vie et de la mort des générations successives de ferments dans les liquides de culture, et l'autre l'appauvrissement de ces liquides en substances, même non dosables, nécessaires au développement des microbes, ou tout au moins à l'exercice de leurs fonctions biologiques.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelles observations sur le facteur antirachitique de l'huile de foie de morue.* Note de MM. E. **Lesné** et S. **Simon**, présentée par M. Ch. Richet.

L'emploi de l'huile de foie de morue dans le traitement du rachitisme, introduit en France par Bretonneau et Trousseau, s'est généralisé, tout en gardant jusqu'à ces dernières années un caractère empirique.

Mais les travaux de Schabad, de Schloss, de Park et Howland, les recherches de Mellanby, de Shipley et Park, de Mac Collum et Simmonds,

reprises en France par Lesné, Vagliano et Christou ont démontré l'action curative de l'huile de foie de morue sur le rachitisme humain et sur le rachitisme expérimental sur lequel elle agit aussi préventivement.

Il a été prouvé que cette action thérapeutique indéniable dépend d'un corps lipo-soluble, résistant à la saponification, non encore isolé chimiquement, et que ce facteur antirachitique est distinct de la vitamine A (facteur de croissance et antixérophtalmique) [1].

Cependant cette influence antirachitique de l'huile de foie de morue n'est pas constante. Aussi certains médecins lui dénient-ils toute valeur.

Nous avons donc cherché si des huiles de foie de morue de fabrication et de provenance différentes sont également riches en facteur antirachitique, en étudiant l'action préventive sur le rachitisme expérimental de 13 échantillons d'huile de foie de morue comparés avec 11 échantillons différents d'huiles végétales.

Nos expériences ont porté sur de jeunes rats en période de croissance. La durée de chaque expérience a été de 21 jours durant lesquels les animaux (maintenus dans l'obscurité) ont reçu, en plus du régime basal 85 de Pappenheimer (régime hypophosphoré rachitigène), $0^{cm^3},1$ d'huile de foie de morue donnée quotidiennement à la pipette.

Or les animanx témoins ont constamment présenté des lésions de rachitisme grave. Les animaux qui ont reçu des huiles végétales, d'olive, ou de lin, ou de noix, ou de coton, ou de colza, ou d'arachide, sont tous devenus rachitiques. Les huiles végétales n'ont donc conféré aucune protection.

Les huiles de foie de morue se sont montrées en général préventives, mais à des degrés variables.

Sur les 13 échantillons essayés, 5 se sont montrés très actifs : 3 huiles françaises (sur 4 huiles françaises essayées), 2 huiles brutes filtrées de Saint-Pierre, l'une blanche, l'autre brune, et une huile pharmaceutique blanche de Terre-Neuve; 2 huiles norvégiennes (sur 9 huiles de cette origine étudiées); une huile pharmaceutique blonde et une blanche.

2 *huiles ont une activité moyenne :* huiles pharmaceutiques blonde et blanche norvégiennes.

5 *huiles ont une activité très faible :* 4 huiles pharmaceutiques norvégiennes, une brune, deux ambrées et une huile blanche de Bergen; 1 huile industrielle blanche française de Terre-Neuve.

1 *huile pharmaceutique* blanche norvégienne de Bergen *a une activité nulle.*

Nos recherches expérimentales (que des observations cliniques sur les-

---

(1) Lesné et Vagliano, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 711.

quelles nous n'insistons pas ici viennent appuyer) nous permettent les conclusions suivantes :

1° Les huiles végétales ne préviennent ni ne guérissent le rachitisme expérimental.

2° Certaines huiles de foie de morue ont une action curative sur le rachitisme humain et une action préventive et curative sur le rachitisme expérimental. Cette action est incontestable, bien que moins rapide et moins constante que celle des rayons ultraviolets.

3° L'origine et le mode de fabrication d'une huile de foie de morue ont une influence très nette sur sa teneur en facteur antirachitique. Certaines huiles sont plus ou moins actives, d'autres sont totalement inefficaces.

4° Cette activité ne peut être décelée par l'analyse physico-chimique. Des huiles parfaites quant à leur constitution (dont nous devons l'analyse à M. Hazard), et réalisant toutes les conditions exigées par le Codex, peuvent être sans action sur le rachitisme expérimental. La teneur d'une huile de foie de morue en facteur antirachitique n'a aucune relation avec la couleur de cette huile.

5° Seule l'épreuve biologique peut actuellement nous renseigner sur la teneur plus ou moins élevée en facteur antirachitique d'une huile de foie de morue.

Il est donc nécessaire d'exiger, pour les huiles de foie de morue, un *test biologique* basé sur leur pouvoir de protection dans le rachitisme expérimental. Ce contrôle qui ne nécessite que trois semaines, ne présente aucune difficulté réelle.

6° Une huile de foie de morue qui provoque des troubles digestifs, loin d'avoir une action curative sur le rachitisme, paraît avoir plutôt une action nocive et accuser les lésions rachitiques. Cela ne veut pas dire qu'elle ne contient pas de facteur antirachitique; car par simple filtration on peut parfois éliminer son action nocive et déceler son pouvoir protecteur.

7° Les huiles de foie de morue de fabrication française, provenant de Terre-Neuve et de Saint-Pierre, se sont montrées de qualité égale et même supérieure à des huiles de provenance étrangère.

Ces expériences montrent donc l'extrême difficulté des problèmes techniques de cette thérapeutique antirachitique puisque les réactions chimiques connues ne révèlent aucune différence dans des produits qui sont cependant tantôt très actifs, tantôt absolument inactifs.

MICROBIOLOGIE. — *Une splénomégalie myxobactérienne*. Note [1] de M. A. **Nanta**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note récente à la Société de Biologie (6 mars 1926), avec MM. Pinoy et Gruny, et dans des Notes consécutives avec MM. Costantini, Ardin-Delteil et Raynaud, nous avions attiré l'attention sur un type de splénomégalie parasitaire qui nous semblait devoir être individualisé à la fois par ses caractères histologiques et bactériologiques.

Les premières observations montraient constamment, dans une rate énorme, constituée par une transformation granulomateuse, des nodules décrits pour la première fois par Gamna.

Des observations histologiques ultérieures nous ont montré que ces nodules étaient inconstants, et nous ont permis de mettre en évidence dans les tissus toutes les formes bactériennes, grâce à la collaboration de M. Pinoy. Dans les premiers cas, nous avions trouvé des spirilles inconstants.

La bactérie, à type de coccus ou de bacille, très fine, entourée d'un halo réfringent, disposée en chaînettes courtes ou longues, est souvent réunie en pinceau, en amas touffu de fins filaments. Elle est colorée plus ou moins difficilement, selon les cas, par les bleus basiques ou par l'hématoxyline. Elle réduit le nitrate d'argent quand la capsule n'est pas trop épaisse. Elle affecte parfois la forme d'un filament très fin, à la limite de la visibilité, qui serpente entre les faisceaux conjonctifs, ou de fils de streptobacilles, en alignements irréguliers, dont les éléments, entourés d'un espace clair, à l'intérieur des faisceaux conjonctifs épaissis, sont plus ou moins nombreux. Elle existe constamment aussi dans la pulpe : on la trouve assez facilement surtout autour des nodules sidérosiques, isolée dans l'endothélium des sinus veineux et dans la travée conjonctive, ou groupée par petits amas de diplocoques encapsulés.

Il est beaucoup plus constant de trouver dans les nodules des formes filamenteuses ramifiées, fragmentées, épaisses de 1 à 3^{μ}, qui prennent

---

[1] Séance du 31 mai 1926.

inégalement, selon les endroits, et faiblement, en général, les bleus basiques ou l'hématoxyline, plus faiblement le Gram. Les bactéries sont alors protégées par une gangue peu colorable, et sont difficiles à distinguer des fibres conjonctives ou élastiques en dégénérescence hyaline. Fréquemment ces filaments épais, fragmentés, sont terminés par une extrémité renflée, arrondie, jaunâtre, d'aspect hyalin, pleine ou creusée d'une cavité centrale qui paraît vide : ce sont des sortes de massues.

Dans tous les cas, les nodules renferment en plus ou moins grande abondance des corps de 10 à 40$^{\mu}$ de diamètre, réfringents ou teintés par les bleus ou l'éosine du Dominici, ou l'hématoxyline. Les corps sont ovoïdes ou sphériques, discoïdes, en calebasse, parfois formés de 2 ou 3 couches concentriques régulières; les couches concentriques peuvent être enroulées en turban, avec une ou deux épines mousses ou même un éperon déroulé d'aspect vermiforme. La variété des types de kystes est extraordinaire : il s'agit en effet de kystes, que d'énormes cellules géantes à corps étrangers englobent un peu partout.

Nous avons pu saisir le mode de constitution de ces kystes bactériens. Ils se forment parfois par fragmentation des fibres de collagène pénétrées par les bactéries; avant que leur évolution soit achevée, ils présentent en effet les colorations du collagène. La bactérie centrale devient immédiatement incolorable, comme nous l'avons vu sur un frottis provenant d'une ponction de rate où l'on assistait à l'enkystement bacillaire. Parfois cependant ces kystes font directement suite à un mince filament réfringent.

La forme la plus curieuse et qui avait frappé Gamna est celle des gros rubans hyalins, ramifiés, fragmentés, tantôt réfringents, incolorables, tantôt fortement colorés par les bleus, l'éosine ou l'hématoxyline. Ils masquent des bactéries, qui s'échappent parfois sous forme d'un bouquet de filaments nus, très fins. Nous pensons avec Pinoy que ces rubans sont constitués par la dégénérescence des fibres de collagène tuméfiées et pénétrées par les bactéries, auxquelles s'ajoutent des produits de sécrétion bactérienne. L'ensemble forme à la bactérie une enveloppe protectrice. Cet aspect est à rapprocher étroitement de ce que l'on voit dans la staphylococcie expérimentale, étudiée par Magrou. Dans nos lésions, il y a des formes comparables : des rubans hyalins terminés par un renflement en bouton coiffé d'une calotte épineuse. L'ensemble vu de face a l'aspect d'une tête de spore aspergillaire; de profil, celui d'une fleur ou d'un épi stylisés; mais il ne s'y

révèle aucun détail de structure nucléaire, et ces formes se rapprochent par des intermédiaires multiples des massues précitées.

En somme les aspects divers du parasite sont nombreux dans le même foyer : coccus très fins ou diplocoque encapsulé, formes bacillaires, streptobacillaires ou filamenteuses nues, formes pseudomycéliennes fragmentées, ramifiées, protégées par une gangue, gros rubans hyalins réfringents, massues, kystes volumineux d'aspect extraordinairement varié. Nos coupes permettent de suivre pas à pas la filiation des diverses formes d'un même élément.

La splénomégalie que provoque ce parasite est particulièrement fréquente en Algérie puisque nous avons pu examiner huit rates en six mois.

Il nous semble qu'une étude plus approfondie des cas de maladie de Banti, d'anémie splénique, de splénomégalie avec ascite ou avec hématémèse, devra permettre dorénavant, en partant de ces données histobactériologiques, d'aboutir non seulement au démembrement de la maladie de Banti, mais encore à un regroupement étiologique des diverses affections que nous venons de citer.

MICROBIOLOGIE. — *Sur une synbactérie isolée de cas de splénomégalie.* Note (1) de M. **P.-E. Pinoy**, présentée par M. F. Mesnil

Dans trois cas de splénomégalie nodulaire, caractérisée cliniquement, outre la grosseur de la rate, par de la leucopénie, souvent de l'ascite, un gros foie et des hématémèses, dont, avec MM. Nanta et Gruny, nous avons donné, sans connaître le travail de Gamna, la description dans une Note à la Société de Biologie, nous avons isolé en culture un microorganisme d'une part, correspondant morphologiquement, à celui que nous avions observé au microscope dans les nodules, d'autre part produisant, par inoculation expérimentale chez le cobaye, des lésions comparables à celles que l'on obtient en inoculant directement au même animal un peu de pulpe de rate prélevée au niveau des nodules.

Dans les coupes renfermant des nodules, on constate au microscope l'existence de gros filaments, présentant des ornements et des épines très analogues à ceux que Magrou a décrits dans la botryomycose expérimentale du testicule du cobaye. Certaines de ces formations ont été représen-

(1) Séance du 31 mai 1926.

tées par Gamna. Gamna les interprète comme des formes de dégénérescence du tissu conjonctif. Or l'examen microscopique nous montre que ces filaments sont fréquemment constitués par de la substance collagène renfermant des faisceaux de filaments très fins, souvent fragmentés en éléments plus ou moins courts simulant des chaînettes de streptobacilles. Ces formations sont comparables à celles que donne le staphylocoque dans la botryomycose. Ici nous trouvons en outre des kystes. Cela est identique aux formes que donne la synbactérie (myxobactérie), spécifique dans les nodosités des Légumineuses. Comme les massues de l'actinomycose, ces productions s'imprègnent de fer et de calcium.

Nous désignerons cette myxobactérie (synbactérie) sous le nom de *Synbacterium splenomegaliæ*.

La culture peut être obtenue en anaérobiose stricte dans des tubes de gélose de Veillon, recouverte d'une couche d'huile de vaseline, à la température de 35 à 38°. La bactérie ne se développe pas à la température ordinaire. Dans le premier cas, sur six tubes ensemencés avec de la pulpe de rate, un seul a cultivé au bout de 3 semaines, donnant à plus de 1^{cm} au-dessous de la couche d'huile de vaseline un anneau trouble qui, examiné à la loupe, se résolvait en une quantité de très fines colonies en forme de pastilles plus ou moins régulières, plus ou moins granuleuses. Nous avons réalisé plus facilement la culture dans les deux autres cas en utilisant, au lieu de gélose de Veillon, de la gélatine recouverte également d'huile de vaseline. On dépose la pulpe de rate, prélevée aseptiquement à la pipette, à la limite de la gélatine et de l'huile de vaseline et l'on place les tubes dans l'étuve à 36, 37°. Au bout de 36 heures, on voit des filaments muqueux partir des fragments de rate. Au bout de 48 heures, souvent on constate la fusion de ces filaments en un anneau blanc floconneux d'où partent d'autres filaments muqueux se dirigeant vers le fond du tube.

Si l'on prélève les colonies soit sur gélose, soit en gélatine et si on les ensemence dans du bouillon, sous couche d'huile de vaseline, au bout de 24 à 36 heures, le bouillon montre un trouble uniforme qui s'éclaircit plus ou moins les jours suivants, en même temps qu'il se produit un dépôt blanc. Au microscope, sans coloration, à l'examen direct, on ne voit que des granulations réfringentes en amas ou en filaments. Sur des préparations colorées au bleu de méthylène, on obtient l'aspect d'un précipité volumineux en amas ou en filaments.

Par coloration à chaud avec la fuchsine de Ziehl et décoloration par

l'alcool absolu, on voit que la bactérie est un fin coccus ou un diplocoque entouré d'une capsule. Parfois cette capsule est colorée par la fuchsine et on a l'aspect d'un diplobacille ou d'un coccus plus gros à bords estompés. L'inoculation au cobaye ou au lapin de la culture en bouillon ($0^{cm^3},25$) tue ces animaux en moins de 24 heures, que l'inoculation soit faite dans les veines, dans le péritoine ou sous la peau. Lorsque l'on fait l'inoculation sous-cutanée chez le cobaye, on constate la production d'un œdème local gélatineux et gonflement œdémateux des ganglions correspondants.

A l'autopsie, on constate la congestion de la rate, des surrénales; le foie présente des zones décolorées. Le sang ne se coagule pas et est clair. L'examen microscopique du liquide d'œdème, coloré au Giemsa, montre des amas de microbes encapsulés et souvent de grandes formes filamenteuses. Le sang présente une diminution du nombre des globules blancs. On rencontre fréquemment des coccus ou des diplobacilles dans les leucocytes altérés. Si les caractères culturaux n'étaient pas si différents, on pourrait songer au pneumobacille de Friedländer.

Des travaux ultérieurs nous fixeront sur l'importance pathogénique de cette bactérie. Il est probable, d'après les résultats obtenus par inoculation chez les animaux, qu'il existe une maladie aiguë, correspondant à la maladie chronique, caractérisée par une invasion myxobactérienne de la rate. La synbactérie doit déterminer chez l'homme des maladies fébriles aiguës qui, actuellement, sont confondues avec d'autres affections soit typhiques, soit mélitococciques, soit plutôt paludéennes, là où les médecins font le diagnostic de paludisme alors que le laboratoire n'a pas révélé de parasites dans le sang.

M. Raoul Ferrier adresse une Note intitulée : *Limite d'application de la théorie du potentiel-vecteur.*

A $16^h 10^m$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 10 mai 1926.)

Note de M. *A. Alayrac*, Étude théorique du vol ramé :

Page 1132, dernière ligne, supprimer l'exposant 3 dans les deux radicaux; *lire*

$$\frac{1}{\sqrt{R_1}}\frac{\gamma_1\sin(\varphi+\beta_1)-g\sin\beta_1}{\gamma_1\sqrt[4]{g^2+\gamma_1^2-2g\gamma_1\cos\varphi}} \gtreqless \frac{1}{\sqrt{R_2}}\frac{\gamma_2\sin(\varphi+\beta_2)+g\sin\beta_2}{\gamma_2\sqrt[4]{g^2+\gamma_2^2+2g\gamma_2\cos\varphi}}.$$

(Séance du 17 mai 1926.)

Note de M. *Barthélemy*, Action du glycogène et du blanc de l'œuf de Poule sur les spermatozoïdes de la Grenouille rousse (*Rana fusca*) :

Page 1243, ligne 14, *lire* concentrations de 1,66 pour 1000 de NaCl.
Page 1244, ligne 15, *lire* proportion des $\frac{2}{5}$ du volume total.

(Séance du 25 mai 1926.)

Note de M. *Georges Valiron*, Sur les fonctions méromorphes sans valeurs asymptotiques :

Page 1267, formule du bas de la page, *au lieu de* n, *lire* η.
Page 1268, ligne 12, *au lieu de* $\delta = T(r)$, *lire* $\frac{1}{\delta} = T(r)$.

(Séance du 31 mai 1926.)

Note de M. *H. Deslandres*, Distribution dans le temps des perturbations magnétiques terrestres, et répartition correspondante dans le Soleil des régions qui émettent un rayonnement corpusculaire :

Page 1304, 4[e] alinéa, ligne 3, *au lieu de*

1926. Janvier 26.69 V. S. 357°,5 — 3°

lire

1926. Janvier 26.69 V. S. 6°,5 —11°